

الجمهورية العربية السورية للشعبية الاشتراكية العظمى

المكتب الوطني للبحث والتطوير



إشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي

تحرير: ددلي شاير

ترجمة: نجيب الحصادي

مكتبة
الشيخ
الشيخ
الشيخ

إشكاليات فلسفية
في العلم الطبيعي

موسى يوسف المصري

الجمهورية العربية السورية
المكتب الوطني للبحث والتطوير



إشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي

Philosophical Problems of Natural Science

Dudley Shapere

Sources in Philosophy, A Macmillan Series,
The Macmillan Company, London, 1965

تحرير: ددلي شابير

ترجمة: نجيب الحصادي

تحرير ترجمة: محمد عمران أبو ميس

الطبعة الأولى 2004 ف
رقم الإيداع 2004 / 5917
دار الكتب الوطنية - بنغازي

جميع الحقوق محفوظة للناشر
المكتب الوطني للبحث والتطوير
ك م 15 طريق طرابلس - قصر بن غشير
ص ب، 80045 طرابلس - ليبيا
هاتف 43 - 022634440
بريد مصور 34 - 022634333

الوكالة الليبية للترقيم الدولي الموحد للكتاب

دار الكتب الوطنية

بنغازي - ليبيا

هاتف 9090509 - 9096379 - 9097074

بريد مصور 9097074

بريد الكتروني net-lib-libya@hotmail.com

ردمك: ISBN 9959-818-38-1

المحتويات

7..... تقديم المترجم.....

14..... تقديم المحرر.....

الجزء الأول: مقاربات منطقية

مأزق المنظر؛ دراسة في منطق تشكيل النظرية ...

81..... كارل همبل

125..... ماهية القانون الطبيعي ... آرثر باب.....

145..... الاحتمال والمنطق الاستقرائي...دولف كارناب.....

173..... مقدمة في البساطة...رنتشارد رذندر.....

الجزء الثاني: مقاربات تاريخية

189..... الباراداييم ونماذج لإساءة تأويل العلم...تومس كون.....

205..... النظرية الفيزيائية، والرياضيات، والتجربة...بيير دوهم.....

227..... دور النماذج في النظرية العلمية...ماري هس.....

245..... مثل النظام الطبيعي...ستيفن تولمن.....

تقديم المترجم

تثير الطبيعة إشكاليات يفترض أن يمكن نهج العلم الطبيعي من حسم أمرها، بل إن إحراز هذا النشاط لأي قدر من التطور إنما يرتهن باقتداره على إنجاز هذه المهمة. في المقابل، يثير العلم الطبيعي إشكاليات يعجز بمقتضى امبيريقية نهجه عن حسم أمرها، ليس أقلها إشكالية تبرير رعمه المعرفي بالتمكين من تحقيق تطور مستمر نحو الدراية بنواميس قادرة على تفسير ما يقوم برصده من ظواهر. وفق هذه الصياغة، تسنبان مباشرة علاقة التآثر القائمة بين العلم الطبيعي وفلسفته. لو لم تكن هناك إشكاليات يعجز نهج العلم الطبيعي عن حسمها، على تعاقبها باقندار نهجه على التبليغ إلى ما يستهدف من غايات، لما كانت هناك حاجة لفلسفة عنى بهذا الضرب من الأنشطة البشرية، ما عنى أن قيامها رهن بعجزه؛ ولو لم نكن هناك فلسفة للعلم الطبيعي نعننى بتقويم قدرات نهج العلم الطبيعي المعرفية، لما أفاد الفائمون عليه من الرؤى الفلسفية التي أسهمت في تحديد معالمه وتسويغ أصوله، ما عنى أن شرعيته رهن بقيامها.

لم يعد التوكيد على أهمية العلم الطبيعي، وقد ابلج فجر
الالفية الثالثة، في عوز إلى فضل بيان. الواقع أن خطر هذا
النشاط قد استبين مدد أزمان أقدم عهدا، وإن لم يُرناى فيه سبيلا
أوحد للخلاص مما تلفاه البشرية من عنت إلا في مطلع القرن
العشرين. آنذاك طفق أعضاء حلقة فينا يوظفون تقنيات المسطق
الرمري في البرهنة على قدرات العلم وفي تحليل طبائع بهجه،
في حين اكتشفوا أن تعدبلا طفيفا في حبيئات الموروت
الامبيرقي يكفي لحعله بكأة تخلصهم مرة وإلى الأبد من محائف
الخطابات اللاعلمية، بدءا من الخطاب العيبي بصربيه الديني
والمينافيزيفي، وانتهاء بالخطاب القيمي ببوعيه الأخلاقي
والاستاطيفي. هكذا أصحى احتياز القضية على معنى، عوضا
عن احتيازها على فيم صدق، وقفا على إمكان الحق امبيرقيا
من مطابقتها للخبرات الحسبة التي تتسير إليها. ولأن العلم
الطبيعي هو النشاط الوحيد الذي يعنى، بطرلفة مهجية منظمة،
بأمر التحق من مطابقة أحكامه لمثل تلك الخرات، فإنه يمثل
أعلى مراتب العقلانية ولا سبيل دونه أو بعده للدراية بعالم
الخبرة، العالم الوحيد الذي يكتسب الحديث عنه أية شرعية.

هكذا أفر مورتس شلك، ومن بعده ردولف كاربات وكارل همبل، أن الخطاب اللاعلمي لبس جملة من الأحكام يعجز البشر بمقتضى قصور قدراتهم عن الدراية بصدفها، بل نعاليم ليس ثمة سبيل أصلا لفهمها، ما يعني أن الحوص فى أمرها سلوك عبتى لا طائل من ورائه.

سيد أن الإمعان فى تبجيل النشاط العلمى، بطرحه محاصا أوحدا، إنما يتطلب تشكيل تصورات لا نعوزها الدقة تعى نحدد سبله فى التحقق من أحكامه وتبيان المقاصد التى يتغىى السبلغ إليها، بطريفة نمك من الدفاع عن شرعبه ضد شكوك المرتابين. فضلا عن ذلك، تمة حاجة إلى تحليل مختلف العمليات الابستمولوجية التى نطوي عليها ممارسة العلم، من قبيل طرح الفروض واختبارها وتعديل النظريات حال توفر حالات مناوئة والمفارنة بين مختلف الفروض المعنية بذات الطائفة من الظواهر، وذلك بغية توضيح الأدوار الني تقوم بها فى مفاربة فهم العالم من جهة، وتبرير اقتدار ما يقدر منها على تبليغ مقاصد العلم وتفسير علة عجر ما يحقق منها من أخرى. هكذا شرع أسباع الامبيرفية المنطقية (الترعة التى تشكلت منذ

مطلع النلت الثاني من القرن الفائت استجابة لصعوبات واجهت حلقة فينا الأكبر تسددا) في التعامل مع التفاصيل، عوضا عن الاقتصار على إطلاق أحكام عامة تشدد بالعلم وتعط بتبني نهجه. الجزء الأول من هذا الكتاب يعرض خصوصا لبعض هذه التفاصيل، فهو يعنى بطرح إشكاليات فلسفية ينيرها العلم الطبيعي ويبين على وجه الضبط طريقة أولئك الأشباع في تناولها، كما يفوم بنوضح معايير الحلول التي يرضونها لهذا القبيل من الإشكاليات. وكما تبين المختارات الني يستمل عليها هذا الجزء، ثمة استعداد مسبق ومستمر لتعديل وجهات النظر، طالما لم يطل التعديل أصول تلك النزعة، ما يفسر الكم الهائل من الأدبيات الفلسفية الني أسفر عنها هذا المشروع.

بودي أنؤكد قليلا على أمر التفاصيل. لقد تعرف الفكر العربي على النزعة الوضعية منذ منتصف القرن العشرين، ووجد فيها بعض المتفكرين سبيلا ملائمة لتكريس أهمية النشاط العلمي سبة إلى مجتمع ما فنئى يجرع مرارة التخلف وتعصف بداره صراعات لم يكن ثمة سبيل لدفعها. بيد أن أولئك المتفكرين لم يعنوا كثيرا بالتفاصيل، بل لعل أكثرهم لم

يعن بها إطلاقاً، بل اكتفى بالوعظ الذي يسنشهد بما آل إليه العلم من نتائج تقنية، غاضا الطرف كلية عن توضيح الآلية التي مكنت أصلاً من امتلاك بعض الأمم ناصية الحضارة عبر نبي نهج العلم سبيلاً في حل الكثير من إشكالياتها. آية ذلك أنك لا تكاد تجد كتاباً عربياً يفصل في مفاهيم العلم، من قبل مفهوم التدليل والفانون الطبيعي والخصائص النزوعية والتنبؤ بنوعيه البعدي والقبلي والتفسير بصريه الناموسي والإحصائي، أو يعنى بقضايا تخصصية من قبل بسة النظرية العلمية، ومدى تضمن الممارسات العلميه الواجب القيام بها لأحكام قيمية، وأدهوكية التعديلات الفرضية، والعلاقة بين الحدود الملاحظة والحدود النظرية، بطريقة تبين على وجه الضبط كيف يوظف المطلق الرمزي في تحليل تلك المفاهيم وفي عرض وحسم أمر تلك المسائل، وكيف ينم نقد التصورات المطروحة ويحاول أربابها الدفاع عنها.

أقول هذا وأنا أعلم أن عهد الامبريقية قد أرف ترحله. ممة فلسفة جديدة للعلم* بدأت تتشكل منذ مطلع الثلب الناني من القرن الفائت، ما لنت أن قدرت لها السطوة في نهايته. الواقع أن الجزء الثاني من هذا الكتاب إنما ينضم محتارات من أعمال أسهمت في النشير بهذه الفلسفة الجديدة. بيد أنه لا سبيل لفهم هذا المنظور الحدي وللاقتدار على تفويم تعاليمه إلا عف النعرف على البرعة التي رام تفويضها واستهدف أن يحل بديلا عنها. هدا على وجه الضبط هو الدافع الأساسي الذي جعلني أعنى بترجمة هذا الكتاب، رغم مرور ما يفرب من ثلاثة عقود ونصف على صدورہ.

لا عناء في الرهان على أن العلم معلمة قارة من معالم حضاره هذا العصر، بيد أن توظيفه في تحفيق أية مفاصد، واحادنا منه موقفا مذهبيا يشكل مرجعية للبت في أمر العديد من المسائل، لا يتطلب فحسب الدراية بأحد ما آلب إليه نظرياته،

* فمب بترجمة كتاب بعنى بطرح أصول هذه الفلسفة بحب عنوان "الإدراك، البطرية والالسام" (فيد الطبع، جامعة دربه) وآخر بسمل على حذل بس تومس كوس، أئرب أسناع بلك الفلسفة، وكارل بوبر، سبفس بولمس، وامر لأكابوش، فصلا عن آحربس، بحت عنوان "العدد ونمو المعرفة" (فيد الطبع، جامعة دربه)

والإفادة مما أسفرت عنه عمليات نوظيف التقنية لها. ثمة حاجة للدراسة بكنه العلم، وبالآلية التي يعمل بمقتضاها، بالافتراضات التي يصادر عليها دون برهنة، بمدى شرعية سبله في تحقيق مفاصده، من وجهة نظر ابستمولوجية وأخلاقية على حد السواء، فضلا عن علاقته بسائر الأسطحة النسرية التي تحطى بتجيلنا. ذاك وحده قمين بجعلنا بفكر على طريقة ممارسى العلم، ونسهم في تسكيل مسار تطوره، ونفندر على تبرير لهجنا بتوكيد ضرورته، عوضا عن انخاذ موقف سلبي يقتصر في أفضل الأحوال على إعجاب لا ينقضي بأحدث ما خلص إليه العلم من اكتشافات وآخر ما طرأ على صنيعنه التقنية من تطورات .

تقديم المحرر

1. فلسفة العلم في القرن العشرين

تم التوليف بين لفظتي "فلسفة" و"علم"، في تعبيرات من قبيل "الفلسفة العلمية" أو "فلسفة العلم"، بغية وصف أنواع متنوعة وعديدة من البحث. هكذا ارتبطت الفلسفة بالعلم عند بعض

المتفكرين في محاوله لاستخلاص مترتبات" (أو "تطبيقات") الحديقة العلمية أو النهج العلمى نسبة إلى بعض محالاب النشاط التشرى المغايرة، كالأحلاق والسياسة والدين، أو نسبة إلى كل مجالات البحث. في المقابل، شعر بعض آخر، بعد أن حادلو (أو افترضوا) أن ضمان العلم لجدارة مراهجه بالثقة، أو كفه تحبى غاياته، إنما يتطلب المصادره على افتراضات لا علمية، وأن مهمتهم إنما تكمن في اكتشاف مثل تلك "الأسس" التي يركس إليها العلم والقيام بفحصها من وجهة نظر نقدية.

ببد أن التيار الأساسى من الأعمال الذي يوصف في هذا القرن بأنه "فلسفة العلم" قام لأسباب وجبهة بالتخلي عن مثل تلك المهام أو بتأجيلها على أقل تقدير. بيد أن هذا التحلي لا يعزى إلى أن الذين أفحموا أنفسهم في نوع المساريع التي سلف التلميح إليها قد أساءوا فهم **حقائق** العلم (رغم أنهم غالباً ما أخطأوا فى هكذا خصوص)، بفدر ما يعزى إلى إحفاقهم إلى حد كبير في فهم ماهية العلم - كونهم قد بدأوا بأفكار تعوزها الدقه، أو لم يحس تحديدها، عن العلم وعما يقوم به (كالفكرة القائلة بأن العلم يقوم بمعنى ما "بتشكيل النظريات" وفق "شواهد" بغية طرح

"نفسير" "للحقائق"، وهي تأويلات بثت الفحص الدقيق، حتى حال دعمها بالحجج، أنها ليست دفعة، مشوشة، مضللة، أو لا نلائم روح العلم. وبطبيعة الحال، فل أن نفر على سبيل المثال وجوب تطبيق "المنهج العلمي" على المسائل السياسية أو الأخلاقية، أو استحالة تحقيق العلم أهدافه إلا عبر مصادرته على افتراضات "ميتافيزيقية" بعينها لا سبيل لتسويتها، ينعين علينا أن نوضح لأنفسنا قدر الإمكان معنى ما نقوم بإقراره. ويتوجب علينا أن نفهم ما وسعنا السبل دلالات الألفاظ التي نقوم باستخدامها، في الخطاب الفلسفي والخطاب العلمي على حد سواء (عنيت ألفاظا من قبيل "نظرية"، "ساهد" "تفسير" و"حقيقة")، إبان محاولتنا تحديد أهداف العلم ومناهجه وبنيته؛ أيضا يتعين أن نكون واضحين قدر الإمكان بخصوص السبل التي تتعلق وفقها الشواهد والنظرية، وعناصر أخرى في العلم، بعضها ببعضها الآخر.

يشكل مثل هذا الضرب من الإشكاليات، إشكاليات معاي الألفاظ والعلاقات القائمة بين عناصر العلم، الشاغل الأساسي الذي احتار على اهتمام فلاسفة القرن العشرين. وبالطبع، تمة

اختلافات بيّنة بخصوص سبل مقاربتهم تلك الإشكالات وتناولها، رغم أنهم ينحون صوب الاتفاق على وجهات نظر بعينها بخصوص معايير الناول الجيد. إن الهدف من هذه المجموعة من الدراسات، التي يقدم لها في هذا المقام، هو النمكن من فهم بعض من تلك النزوعات المشتركة، وذلك بتوضيح الملامح البالية التي تنسم بها فلسفة العلم في هذا القرن: (1) بعض السبل الحاصة التي نزع فلاسفة العلم نحو صياغة إشكالياتهم عبرها، أي نوع الصياغات التي اعبروها دقيقة إلى حد يمكن من إجراء أبحاث مهمة؛ (2) نوع الأساليب التي استخدموها في محاولة تناول تلك الإشكاليات؛ و(3) نوع الأجوبة التي كانوا يميلون إلى طرحها. وبطبيعة الحال، غالبا ما كانت تلك الأجوبة تعرض لل نقد، ما أدى بدوره إلى تطور الرؤى المنقّدة. إبان عملية التطور تلك، تمت الاسترابة حتى في مفاهيم الإشكاليات المركزية وأساليب تناولها، وهي مفاهيم تبوّأت مركز الصدارة في العقود الثلاثة أو الأربعة الأخيرة، بحيث تمت الاستعاضة عنها بمفاهيم جديدة.

سوف تسببان كل هذه المسائل، فيما آمل، في الدراسات المختارة التالية. ولكي نعين الفارئ على تأويل هذه المختارات والربط بينها، سوف نعرض نقاساً مرجعياً يبدأ بإحدى المشاكل الحاسمة في فلسفة العلم المعاصرة، ما يسمى "بإشكالية معنى الحدود النظرية". التطور الذي طرأ على حلول هذه المسألة والمسائل المتعلقة يوضح تماماً نوع المناهج التي تبناها فلاسفة العلم في هذا القرن في صياغة إشكالياتهم وتناولها.

2. إشكالية الحدود النظرية

يتوجب ألا نفترض جهل الفلاسفة الأقدمين التام بإشكاليات فلسفة العلم في القرن العشرين. هكذا على سبيل المثال تجد إشكالية معنى الحدود النظرية، التي نعى بها في هذا المقام، أصولها في أعمال ديفيد هيوم (1711-1776). ففي الصفحات التي يستهل بها كتابه "أطروحة في الطبيعة البشرية" (Treatise of Human Nature)، يميز هيوم بين "الأفكار" و"الانطباعات" مقراً، على نحو مبتسر كما سوف نلاحظ، أنه "لا حاجة ملحة تستوجب توضيح هذا التمييز". إنه يقسم كلا من هاتين الفئتين إلى "بسيط" و"مركب": "الإدراكات أو الانطباعات

البسيطة والأفكار البسيطة التي لا تقبل التمييز أو العزل،
وبقابلها الإدراكات والأفكار المركبة التي يمكن التمييز بين
أجزائها. رغم أن ثمة لونا ومذاقا ورائحة بعينها تشكل خصائص
ترتبط مجتمعة في هذه النقاة، يسهل إدراك أنها خصائص
متعايرة، بحيث يمكن تمييز واحدنها عن سائرهما. "وبعد أن يعقد
هيوم هدين الزوجين من التمييزات، يجادل بأن كل الأفكار
السيطة مشتقة بداية من انطباعات بسيطة تناظرها ونمناها على
نحو دقيق، بمعنى أنه ينبغي أن تشكل الانطباعات (الخبرة) في
نهاية المطاف مأتى كل أفكارنا، إما بشكل مباشر (كما في حال
الأفكار البسيطة) أو غير مباشر (كما في حال الأفكار المركبة).
على ذلك، ليس بالمفذور تشكيل فكرة، مهما كانت وهمية أو
خيالية، لا سبيل لاقتفاء أثرها في الخبرة. وفي سياق عرصه
محاكاة تدعم هذا الرعم، يلحظ هيوم أنه "أنى ما نصادف أن
حيل دون ممارسة القدرات، الميرة للانطباعات، لعملياتها، كما
يحدث حين يولد المرء أعمى أو أصم، لا تغيب الانطباعات
فحسب، بل تفتقد أيضا الأفكار التي تناظرها، بحيث لا يستبان
فى العفل أى من آثارها".

ثمة اتفاق عام على أن هيوم أفحم في محاجته، الخاصة بأصول أفكارها، اعتبارات سيكولوجية لا تتعلق بها، وأن موضع أهمية نفاشه إنما يكمن في الرؤية الني تفر وحب أن يكون في المستطاع أن يعرف على نحو تام كل الحدود التي تحتار على معنى، عبر فئة من الحدود الأولية التي تتسير إلى عناصر خرائية بسيطة، ما يسميه فلاسفه القرن العشرين عادة "بالمعطيات الحسية". وفق هذا التعديل، يمكن الحكم بأن محاولة هيوم بأصيل الاحتياز على معنى في الحرية قد استشرت بعض الحلول المعاصرة لمسألة أصبحت تعرف، في الصياغة الخاصة الني تتخذها في فلسفة العلم، بإشكالية معنى الحدود النظرية.

تنار هذه الإشكالية في فلسفة العلم على النحو التالي. ثمة حدود ترد في النظريات العلمية يبدو أنها تشير إلى نوع من الكبنوبات أو العمليات أو السلوكيات التي لا يمكن ملاحظتها بشكل مباشر. الأمثلة الكلاسيكية على هذه الحدود هي "القوة"، "المحال"، "الذرة"، "المورنة"، "اللاوعي"، و"الدافع". وعادة ما تصنف الحدود التي تكون من قبيل "مغناطيسي"، "قابل للدواب"، "مرن"، "قصامي"، و"ذكي" بوصفها غير قابلة للملاحظة، لأنها

تتسير فيما يبدو إلى "ميل" أو "قدرات" أو "نزوعات" تحتاز عليها الكينونات المعنيه، عوضا عن أن تتسير إلى سلوكيات تتجسد بشكل علني. هكذا يشار إلى كل هذه الحدود اللاملاحظية، بطريقة أكثر إيجابية، بعبارة "الحدود النظرية". ثمة موروث فلسفي طويل العهد يرتاب في الكينونات التي يُزعم قِدام تلك الحدود بالإشارة إليها؛ ذلك أنه يفترض أن العلم معنى فحسب بما يمكن ملاحظته، لا بأية كينونات "ميتافيزيقية" قد توجد أو لا توجد خلف نطاق المشهد الخبراتي ولا يمكن ملاحظتها بأي حال. فصلا عن ذلك، وكما يوضح هيوم، لا سبيل لأن تحتاز مثل هذه الحدود على معنى يتجاوز ما يمكن التعبير عنه بحدود خبرانية. من هنا أقر عدد كبير من الفلاسفة الذين أقنعتهم هذه المحاولة أن مثل هذه الحدود، خلافا لما يبدو، لا نشير حقيقة إلى كينونات غير ملاحظة، بل قابلة لأن تعرف كلية عبر حدود خبرانية. وعلى هذا فكل ما يمكن أن يقال عبرها يمكن أن يقال بذاب الدقة دون استخدامها؛ إنها حدود يمكن الاستغناء عنها، ما يعني وجوب أن تقوم بوظيفة عملية صرفة في العلم، وظيفية من قبيل الاختزال الملائم لما يطول

ويتعقد التعبير عنه بلغة ملاحظيه خالصه. بسمى برتراند رسل الكيوانات النظرية "المكونات المبطية"، ومشروعه في فلسفة العلم إنما يتعين في تبيان أن الحدود البطرية لا ترمز إلى كيوانات أو قدرات تتجاوز الخبرة، ولا نعدو أن تكون مفاهيم مشكّلة، عبر أدوات المنطق الرمزي، من عناصر حبرائية محضة ("المعطيات الحسية"). وكما يوصي رسل، "أنى ما أمكن، ينوجب علينا أن نستعيز بالمكونات المبطية عن الكيوانات المشتقة"¹.

هذه رؤية غابة في الفتة، فهي تبدد كثيرا من العموض الذي يكتنف العلاقة س "البطرية" و"الحقيقة" في العلم. ذلك أن البطربات تعد وفق هذا التأويل مجرد تلخيصات مختزلة لجمل تسير فحسب إلى ملاحظات فعلية أو ممكنة ("فعلية" أو "ممكة" على حد السواء، لأن الحوادث المشار إليها قد لا تكون واقعية في الزمن الراهن، فقد يتم التنبؤ بها، بل إن التنبؤ قد يكون غير صحيح؛ مثل هذه الحوادث ليست ملاحظة، رغم أنها قابلة للملاحظة).

¹ B Russell, "The Relation of Sense Data to Physics" in *Mysticism and Logic* (London George Allen & Unwin Ltd, 1951), p 155

يمكن صياغة هذه الاعتبارات في مبدأ عام، لكنه دقيق، ينهض عليه نقاشنا التالي. دعونا نفترض أنه بالمقدور تصنيف مفردات النظرية العلمية إلى فئتين منفصلتين تماما: (1) فئة تتكون من حدود ملاحظة، (2) وأخرى تتكون من سائر حدود النظرية — سوف نسمي عناصر هذه الفئة الأخيرة الحدود "غير الملاحظة" أو الحدود "النظرية" (وفي وقت لاحق، سوف نشكك في إمكان عقد تمييز حاسم بين تيك الفنانين). يمكن إيجاز وجهة النظر التي سلف نقاشها على النحو التالي:

المبدأ الأول: بالمقدور، نسبة إلى كل تعبير ينتمي إلى المفردات النظرية أو اللا ملاحظة النظرية العلمية، أن يستعاض عنه، دون كسب أو خسارة في المعنى، بفئة من الحدود المنتمية فحسب إلى المفردات الملاحظة (بل إن احتياز التعبير النظري على معنى إنما يرتتهن بإمكان القيام بمثل هذه الاستعاضة).

لاحظ، وفق هذه الصياغة للمبدأ الأول، أنه لا يقول شيئا عن خصائص الحدود الواردة في المفردات الملاحظة. تنسب تلك الحدود، وفق رؤية أنصار هيوم في مطلع القرن العشرين، إلى معطيات حسية، ولكن بسبب الصعوبات الكأداء التي يواجهها مفهوم المعطيات الحسية، يتخلى ذلك المبدأ عن الحديث عنها

بحيث يتسق مع مذاهب مختلفة في الألفاظ التي ينوجب اعتبارها "ملاحظة". لقد اتضح، فضلا عن مآخذ أخرى، أن تحديد معيار كون الحد حدا معطى حسيا، وضرب أمثلة على مثل هذه الحدود، أمران غاية في الصعوبة، ولذا فإن الرؤية المعطى حسية لم ترق إلا لعدد قليل من الفلاسفة في العفدس أو ثلاثة العفود الأخيرة. ثمة رؤية أكثر سيوعا بخصوص طبيعة المفردات الملاحظة، وباختيار إحداها والتفصيل في أمرها، سوف تتضح بعض الاعتراضات التي وجهت بوجه عام ضد مختلف صياغات المبدأ الأول.

3- النزعة الإجرائية بوصفها صياغة للمبدأ الأول

الرؤية التي سوف نناقشها هي النزعة الإجرائية، التي طرحها أول من طرحها ب. دبليو. بردجمان في كتابه "منطق الفيزياء الحديثة" (The Logic of Modern Physics, 1927). بنسأل بردجمان عما نعنيه بطول الجسم، ولا يلبث أن يقر أنه "بين أسا نعرف ما نعنيه بالطول إذا كان بمقدورنا تحديد طول أي وكل جسم؛ لا شيء أكثر من هذا يُطلب من عالم الفيزياء. ولايجاد طول الجسم، يتوجب علينا القيام بعمليات مادية بعينها. هكذا يتم

نثبت مفهوم الطول بنسبته للإجراءات التي يقاس بها الطول، أي أن مفهوم الطول يشتمل على مجموعة العمليات التي يحدد عبرها الطول، ولا يشتمل على شيء آخر سواها. وبوجه عام، لا نعنى بالمفهوم أكبر من مجموعة من الإجراءات، فالمفهوم **يترادف مع فئة الإجراءات المناظرة**. إذا كان المفهوم مادياً، مثل الطول، تكون الإجراءات مادية فعلية وإذا كان ذهنياً، مثل المتصلة الرياضية، تكون الإجراءات ذهنية، عيب الإجراءات التي يحدد عبرها ما إذا كان جمع من المقادير يعد متصلاً². على هذا النحو، تفر صياغة بردجمان للمبدأ الأول أنه يتعين على كل حد علمي يحتاز على معنى إما أن يكون قابلاً لأن يعرف كلية عبر فئة من الإجراءات الممكنة المحددة والتمتيزية، أو أن يكون نفسه حداً يشير إلى مثل هذه الإجراءات.

ثمة صعوبات حاسمة تواجه هذه الرؤية. بداية، ما المقصود بالإجراء؟ سوف نفكر لأول وهلة في مداولة الأجهزة؛ لكن هذا، كما يشير النص المقتبس من بردجمان، لا يكفي لتفسير احتياز كل المفاهيم العلمية على معنى، الأمر الذي أرغم

² P W Bridgman, *The Logic of Modern Physics* (N Y , The Macmillan Co ,

1946), p 5

الإجرائيين على قبول عدد متنوع من الإجراءات التي لا تركز إلى أية أجهزة. ولكن يلحظ همبل بخصوص مثل هذه الإجراءات الأخيرة، "في أدبيات النزعة الإجرائية، تم تحديد خصائص هذه الإجراءات الرمزية بطريقة بلغت حدا من العموض جعلها تسمح عمليا، عبر اختيار مناسب للإجراءات "اللفطية" أو "الذهنية"، بطرح كل الأفكار التي تعين على التحليل الإجرائي حظرها بوصفها حلوا من المعنى"³.

من منحي آخر، حتى لو تسنى لنا توضيح مفهوم الإجراء، لنا أن نتساءل عن المفصود بالإجراء "الممكن"، في مقابل الإجراء "المستحيل"؟ ثمة ثلاثة تأويلات تطرح نفسها: (1) الإجراء المقترح قد يكون ممكنا تقنيا، بمعنى أنه ممكن وفق النظرية الراهنة، دون أن يكون هناك سبل معروفة لتنفيذه. غير أنه من البين أن هذا التأويل لا يتسق مع ما يريد أشياخ النزعة الإجرائية إفرازه؛ إننا لا نرغب في القول إن التعبير "التقاط صور فونوغرافية للوجه الآخر من القمر" لم يحصل على معنى إلى أن تم حل الإشكاليه النسبية المتعلقة بإرسال مركبة فضائية

³ C G Hempel, "A Logical Appraisal of Operationism", In P Frank (ed), *The Validation of Scientific Theories* (Boston: The Beacon Press, 1956), p 57

تحمل آلة تصوير إلى القمر. (2) قد يكون المعنى المتعلق إذن هو الإمكان أو الاستحالة النظرية؛ إمكان أو استحالة الإجراء وقف على ما إذا كانت النظرية العلمية الراهنة تسمح به (بشكل مستقل عن "الإشكالية التقنية البحتة" المتعلقة بإمكان تنفيذه). هكذا يعد السفر إلى النجوم البعيدة (حتى الآن) أمرا غير ممكن تقنيا، رغم أن إمكانه ليس مستعدا من منظور قوانين الفيزياء المعروفة لدينا في الوقت الراهن، ما يعني أن السفر عبر النجوم "ممکن نظريا". ولكن إذا كان هذا المعنى من لفظه "ممکن" هو المراد في سياق النزعة الإجرائية، سوف يُحدّ كثيرا من قدرة العلم على التطور وفق المعايير الإجرائية؛ ذلك أن التأمّلات المفصّح عنها عبر "إجراءات" لا تسمح بها النظرية الراهنة سوف تكون محطوره لا بوصفها باطله، بل بوصفها هراء. ولا ريب أن قطاعا كبيرا من التطور العلمي قد تعين في طرح مفاهيم حديده لم تكن تحناز على معنى وفق البطريات الأسبق عهدا. لا سبيل لتجنب هذا الاعتراض بالركون إلى قوانين الطبيعة (سواء أكانت معروفة أم مجهولة)، عوضا عن القوانين التي يعرفها العلم الراهن، لتحديد الممكن وغير الممكن؛ فعلى

اعتبار أننا لا نستطيع أن نعرف إطلاقاً ما إذا كانت قوانيننا الراهنة تشكل النواميس الصحيحة التي تحكم الطبيعة، لن يتسنى لنا أن نعرف، بخصوص أي إجراء مقترح لم يتم بعد تنفيذه، ما إذا كان ممكناً بهذا المعنى، ومن ثم لا سبيل لمعرفة ما إذا كنا نطلق أحكاماً يعوزها المعنى. (3) من جهة أخيره، لن نستطيع تأويل لفظة "ممكّن" بالركون إلى "ما ليس متناقضاً مطعياً"، لأن الناتج المتاح سوف يكون أوسع مما يجب. فعلى سبيل المثال، الجملة "الأرض ساكنة في فضاء مطلق"، التي تشتمل على التعبير "فضاء مطلق" المفترص خطره من قبل الإحرائيين، تعد منسفة تماماً من وجهة نظر منطقية. أما التعبير "فضاء مطلق" نفسه، رغم أنه قد يعاني من حلل معابر، لا يبدو على أقل تقدير منطوياً على تناقض ذاتي. من البين أن ما تحتاحه النرعة الإجرائية هو معنى "للممكن" يتوسط بين "الممكن وفق الفوانين المعروفة في الوفن الراهن" (الذي يستثني أكثر مما يحب) و"الممكن" بمعنى "الخالي من النناقض المنطقي" (الذي يسمح

بأكثر مما يجب). وبطبيعة الحال، نتعين الإشكالية في تحديد هذا المعنى المتوسط بشكل واضح ودقيق⁴.

على ذلك، فإن أهم ما يشغلنا الآن هو مسألة ما إذا كان يمكن للمفاهيم العلمية بوجه عام أن تعرّف كلية عبر حدود إجرائية، ولذا لنا أن نفترض جدلاً أن الاعتراضات سالفه الذكر، المتعلقة بصعوبه فهم ما تقره النرعة الإجرائية، قد تم الرد عليه. لاحظ أن مسألة ما إذا كانت كل المفاهيم العلمية قابلة لأن تعرّف كلية عبر حدود إجرائية مجرد حالة خاصة لإسكالية عامة تتعلق بالمبدأ الأول، عيّت ما إذا كانت كل حدود النظرية النظرية العلمية قابلة لأن تعرّف كلية عبر مفردات ملاحظة، بصرف النظر عن طريقها في فهمها. المبحث الأول الذي تتّصل عليها هذه المحاراب، دراسة كارل همبل "مأرق المنظر"، يناقش القضايا المتعلقة بهذه المسألة، حيث يقوم بطرح وتقوم العديد من البراهين الأساسية التي طرحت للدفاع أو الهجوم على ذلك المبدأ بطريقة لا ترهن، على حد قول همبل، "بالموضع الذي

⁴ منه صعوبات مماثلة نستار بخصوص "نظرية الحق في المعنى"، التي نعر وحب أن حدّد معنى الحملة (عوضاً عن معنى الحد، كما في النرعة الإجرائية) عبر مجموعة من سبل الحق الممكنة

يتم فيه على وجه الصبغ رسم الحدود الفاصله بين الحدود الملاحطية والمعدرات النظرية".

4. المنطق بوصفه نموذجاً وأداة في فلسفة العلم

قبل أن نقوم بعحص الرؤى والمشاكل اللى يناقشها همبل، دعونا نلحظ بعض الملامح العامة التي تنسم بها طريفته، وطريفة من يناقش نهجهم، فى حل مشاكلهم، عنب مفاهيمهم ومهامهم والأساليب التي يرون وجوب استخدامها في أداء تلك المهام. تنسم أعمالهم، بل ربما معظم الأعمال التي أنتحرت في فلسفة العلم في هذا القرن، بأنها تعول كثيراً على تسيات المنطق الرمزي المعاصرة. هكدا، أنى ما وسعت السبل، بصاع الإشكاليات عبر ذلك المنطق، بل إن مدى نجاح التحليل في صياغتها عبره يعد معيار بجاحه في أداء مهمته. إن ردولف كارباب، الذي تتشكل أعماله مأنى كبير من النقاشات المعاصرة لإسكالية الحدود البطرية (فضلاً عن العديد من الإشكاليات الأخرى في فلسفة العلم)، يصف موضوعه بأنه "منطق العلم"، بل إبه يزعم أن الفلسفة بأسرها منطق للعلم، أو يتوجب أن يسعاص عنها به. ولفهم الفكره الكامنة خلف هذا التعبير، ثمة

حاجة لفحص التمييز الذي يعقد غالبا في كتب المنطق التدريسية التمهيدية بين "محتوى" القضية أو المحاجة و"شكلها"، كون المنطق معني فحسب بالأشكال أو الصور. هكذا نجد أن المنطق لا يهتم بقيم صدق الجملة "كل يوباني إنسان" أو "كل إنسان فان"، أو حتى بحقيقته كون هاتين العقيستين تستلزمان النتيجة "كل يوباني فان". بدلا عن ذلك، براه يعنى بالشكل العام للقضية (كل A هو B) والمحاجة (كل A هو B، وكل B هو C)، ولذا فإن كل A هو C، التي تعد مثل تلك الفضاءات المحددة مجرد حالات عينية لها. يتعامل المنطق المعاصر مع هذه الأشكال التي تتخذها الجمل والمحاجات، ومع أشكال أكثر تركيبا منها، باستخدام حدود رمزية، كما يقوم بدراسة الخصائص العامة التي تختص بها (فصلا عن دراسة المفاهيم التي تستخدم في الحديث عن مثل هذه الحمل والمحاجات، مثل مفهومي "الصدق" و"الإثبات").

وعلى نحو مشابه، يعتبر "منطق العلم" موضوعا متعلفا لا بقيم صدق قضايا العلم العينية ("محتوى" العلم) — فهذه مهمة العالم — بل بالأنماط العامة أو شكول التعبيرات التي يتعامل معها العلم، وبالعواعد العامة التي تسحلص وفقها النتائج في

العلم بشكل صحيح، وبالمفاهيم المستخدمة في نفاش التعبيرات والمحاجات العلمية (تعبررات من قبيل "يحتار على معنى"، "تفسبر"، و"فابون"). وبحصوص أنواع الحدود التى تمثل "محتوى" ذلك "الشكل"، فإن منطق العلم معنى بها ما عني بدراسة الفواعد العامة النى تحكم نوع المحتوى الذى يمكن اسنخدامه (متلا، كونه يتعين على الحدود التى تتسل مواضع المحتوى فى الأشكال المنطقية الخاصة بالفصاا العلمبه أن تشير إلى "إجراءات" أو أن تكون "قابله لأن تعرف إحراثبا"). يلزم عن ذلك أن فلسفه العلم، وفق هدا البصور، محصنه صد نقلابات العلم — مجيء ورحيل نظربات بعبيها، كون هذه النعيرات تتعلو بمحتوى العلم، فى حين أن الفيلسوف معني بببيته — أى ليس مشعولا بنطريات محددة، بل بمعنى "النظرية" نفسها.

يد أن "منطق العلم"، بوصفه موضوعا، لا ينمذج فحسب على موال المنطق الرياضى الحديث، بل يقوم أيضا بتوظيف تفسيرات هذا المنطق الفاعلة فى العامل مع مشاكله. يتضح هذا التوظيف تماما فى براهين كارابا، النى يباقتها همبل، والنى تروم إنبات أن المفاهيم العلمية لا يمكن أن تعرف

بوحه عام على نحو نام، ما بحتم الاسنعاضة عنها بجمل ملاحظية (من قبيل التعريفات الإجرائية). لهذا السبب، فإن فهم تلك الدراهيس يستدعي فهم بعض المفاهيم والتفسيات المنطوية الأكثر بساطة.

بسنخدم المناطقه الحروف "p" و"q" (وحروف أخرى، حسب الحاجة) لتمثيل القضايا أو الحمل التي تكون صادقة أو باطلة، بدلا من كتابتها كاملة. من شأن هذا أن يوفر بعض الورق، كما أنه يلفت الانتباه، عبر طمس المحتوى، صوب شكل أو بيه البرهان. يتم الربط بين هذه الحروف عبر مختلف الرمور، الني تسمى "روابط"، بغيه تشكيل قضايا أكثر بركيبا. بالنسبة لمقصدا، الرابط المنطوي الأكثر أهمية هو " $p \rightarrow q$ "، الذي يعرفه المناطقه بحيث تبطل الحمله " $p \rightarrow q$ " في كل حالة نصدق "p" وتبطل "q" (نصرف النظر عن القضايا التي تمثلها "p" و"q"). بهذا المعنى، ساطر " $p \rightarrow q$ " النعبير "إذا...ف.."، الذي يوظف في اللغة الإنجلبريه العادية بوصفه رابطا. ذلك أن الجملة "إذا بح جوبر، سعدت ماري" على سبيل المثال، تبطل حال صدق "بح جوبر" وبتلان "سعدت ماري". وفق هذا الساطر، يمكن أن نفراً

" $p \rightarrow q$ " هكذا : "إذا p ، فـ q ". في سائر الحالات (صدق " p " وصدق " q "؛ بطلان " p " وصدق " q "؛ بطلان " p " وبطلان " q "، تكون الفصبة " $p \rightarrow q$ " صادقة.

لاحظ أن صدق أو بطلان القضية " $p \rightarrow q$ " محدد كلية بصرف النظر عن أي من الإمكانيات المنعطفة بـ "صدق p " و" q " تم نفعه بالفعل. هذه حاصية تشكل قاسما مشتركا بين كل الروابط المستخدمة في المنطق الرياضي الحديث؛ فهي عندما تقوم بالربط بين قضيتين لسكبل قضية أكثر تركيبا، تكون قيم صدق المركب الناتج محدد في كل الحالات الممكنة بـ "صدق الأجزاء المكونة". (نوصف هذه الروابط بأنها "دال_صدق"، وأحيانا تستخدم كلمة "امتدادية" للإشارة إلى تلك الخاصة). وفق هذا المعنى، يستغل المنطق عما يحدث بالفعل تماما كما يستغل عن معاني الجمل التي تمثلها " p " و" q ". اكتشاف ما يحدث بالفعل مهمة الملاحظة، مهمة العلم على وجه الخصوص.

غير أن هذه الخاصية "الدال_صدقية" ليست مشتركة بين كل الروابط المستخدمة في الإنليزية العادية؛ ويعتبر مفهوم الارتباط السببي، المعبر عنه بكلمة "يسبب" أو "لأن"، مثلا على

ذلك. حتى لو عرفنا صدق الجملتين "مات جونز" و"أصيب جونز بالسرطان"، نظل قيم صدق الحملة "مات جونز لأنه أصيب بالسرطان" غير محددة (فقد يكون إطلاق الرصاص عليه علة موه). عالما ما يستخدم التعبير "إذا..ف..". في السياقات العادية للتعبير عن علاقة سببية. هذا يعني ببساطة أن هذا التعبير، كما يستخدمه المناطق، (الرابط " → ")، لا يعبر عن ارتباط سببي. الواقع أن اختيار المناطق روابط تحنص بالحاصية الدال_صدفيه سالفة الذكر، هو مأتى نجاحهم في التركيز على ملامح السرايين الني يتوقف صحتها كلبه على الشكل أو البنية، عوضا عن محتوى الفصايا المعنية.

على ذلك، ترنب على تأويلهم للتعبير "إذا..ف..". نتائج غريبه من وجهة نظر اللغة العادية. فعلى اعتبار بطلان الفصيه الفائلة بأن شيكاغو نفع في ولاية أوهايو، وصدق الفضبه الني تفر أن أسين رائد اثنين تساوي أربعة، فإن من شأن التعريف المبطى لـ " → " ، مؤولا على أنه يعني "إذا..ف..".، أن بحعل الفضية "إذا كانت شيكاغو نفع في أوهايو، فإن أثنين زائد اثنين تساوي أربعة" قضية صادقة. وعلى نحو مماثل، سوف تصدق

الفضيتان، "إذا كانت سيكاغو تقع في إلينوي، فإن أسين زائد اثنين تساوي أربعة"، و"إذا كانت سيكاغو تقع في أوهايو، فإن أسين زائد اثنين تساوي ستة". قد تجعل مثل هذه النتائج استخدام المنطق للتعبير "إذا...ف..". يبدو اعتباطيا ومحرفا وغير ملائم بوصفه تحليلا للاستخدام العادي (والعلمي) لذلك التعبير؛ وسوف نرى أن بعض النقاد يجد في استخدام هذا التأويل لذلك التعبير مصدر كبير من الصعوبات التي واجهت فلسفة العلم الحديثة. عبر أنه يتعين علينا أن نذكر أن هذا التأويل قد ساعد المطابقة في تحقيق نتائج باهرة. هكذا أسهم مفهوم "الاستلزام"، المرتبط بـ "→" (كما في قولنا إن "p نستلزم q"، بمعنى أنه إذا صدقت "p"، توجب صدق "q")، في إقامة علاقة أصرة بين المنطق والرياضيات، ما أدى بدوره إلى اكتشافات مهمة في هذين المجالين. ورغم إمكان وجود براهين نعتبر عادة سليمة لا يشملها مفهوم الاستلزام هذا، يتم تناول القطاع الواسع والمتنوع الذي يشمل بطريقه مناسبة تماما. فضلا عن ذلك، قد يتسنى في نهاية المطاف حل البراهين، التي لم يتم بعد تناولها بشكل ملائم عبر ذلك المفهوم، بمنتهى لسطوته. من جهة أخرى، لم يتمكن

أحد من طرح نأويل معايير (النأويل عبر "الارتباطات السببية" مثلاً) قبله الكنيرون بوصفه واضحاً على أقل تقدير.

تمة رابط أخير سوف بحاح إليه في النقاشات التالية: " $p \equiv q$ "، التي يمكن تأويلها بـ " p إذا وفقط إذا q " (أو "إذا p ، فـ q " ، وإذا q ، فـ p "، بحيث تفهم "إذا p ، فـ q " بالمعنى الذي سبق تعريبه). ينضح أن " $p \equiv q$ " تصدق حال صدق كل من " p " و " q "، وحال بطلان كل منهما، وتبطل في الحالتين الآخرين.

5. نقد المبدأ الأول؛ التأويل الجزئي والمبدأ الثاني

بمقدورنا الآن أن نعود إلى نقد كارباب للمبدأ الأول — الأسباب التي جعله يفر اسنحاله تعريف الحدود النظرية بشكل تام عبر تعبيرات ملاحظة صرفة. اعبر التعاريف الإجرائية، بوصفها قواعد للاستعاضة عن الحدود النظرية بحدود ملاحظة. قد نفترض أنها تمتثل للامتط البالي: يقال إن الشيء المفرد x يحتص بالخاصية Q (حيث Q حد بطري) إذا وفقط إذا صدقت الفضية "إذا تم تطبيق الإجراء C على x ، سوف يعرض x الآثار E ". هكذا تقبل الجملة "يحتص x بالخاصية (النظرية) Q " أن يستعاض عنها، دون حواره في المعنى، بجملة "إذا...ف...".

"الإجرائية". فمثلا، سوف يقال إن هذا الجسم مغناطيسي إذا وفقط إذا تم اسنيفاء السرط التالي: إذا تم وضع قطعة صغيرة من النحاس قربه، سوف تتحرك صوبه. إذا فما بتأويل التعبيرين "إذا...ف..." و "...إذا وفقط إذا..." على طريقة المنطق، يمكن ترميز "التعريف الإجرائي" على النحو التالي:

$$Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)^5$$

لسوء الطالع، فيما بتير كارناب، إذا فهما "إذا...ف..." في هذه الصباغة بالمعنى المنطقي، سوف حصل على نتيجة منافية للعقل. إذا لم يتم تطبيق الإجراء C على x (بحسب تنط "Cx")، سوف تصدق الحمله $(Cx \rightarrow Ex)$ برمتها، وفق ما

⁵ يلحظ هنا إحدى فوائد الترميز لو فما بكانه هذه الصباغة بألفاظ عادية، سوف نحدد الشكل المطول x تحصى بالخاصية Q إذا وفقط إذا، إذا أحصعب x للشروط الاحتمالية C، سوف يظهر الاسكانه "E"

كما هي العاده في نقاشات هذا الموضوع، يرتبط الأمثله المستخدمة بخاصية (الخاصيه الروعه المتعلقه بالمغناطيسيه) عوضا عن كينونة (مبال المحال الكهرومغناطيسي أو اللاوعي) مسأله الحدود النظرية التي ترعم الإساره إلى كينويات بعد أقل أساسيه من مسأله الحدود النظرية التي نعرو حصائص لكينويات، إذا افترضنا (كما يبدو أننا نعرض في العالب) أننا نستطيع التعامل مع الكينويات بوصفها مجموعات من الحصائص (خصوصا الروعه منها)

أوضحنا في الجراء السابق. ولأن الفضة " $Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$ " صادقة بالتعريف، سوف نرعم على القول بأن x يخص بالخاصية Q — بأية درجة ينم تحديدها — في كل وقت لا ينم تطبيق الإجراء C عليه، ولكن بينما قد نرغب في القول بأن للجسم وزن حتى في حال عدم القيام بورنه، لن نرعب في الحكم بأنه في كل وف لا يوزن فبه، ببلغ وزنه عشرة أرتال وخمسين عشر رطلا. غير أنه سوف يكون محتما علينا، وفق التأويل السابق، أن نقر هذا الأمر على وجه الضبط: إذا كانت " Cx " باطلة، سوف يصدق " $(Cx \rightarrow Ex)$ " بصرف النظر عما نستعوض به عن " Ex "; وإذا صدوب كل من الفضيئين $(Cx \rightarrow Ex)$ " و " $Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$ "، بوجب، وفق تعريف الرابط " \equiv "، أن تصدق " Qx ". وعلى نحو مشابه، سوف يتعين علينا أن نقر أن الجسم يكون مغناطيسيا في كل وقت لا يتعرض فيه لاختبار المغناطيسية. في هذه الحالة، خلافا لحالة الوزن، لا نرعب في القول بأن كل جسم لا تحنبر مغناطيسيته يعد مغناطيسيا. حتى بالنسبة للأحسام التي بود إقرار مغناطيسيتها في بعض الأوقات التي يخبر احنصاصها بها، بودنا إقرار إمكان ألا

يختص بذلك الخاصة. بيد أن التأويل سالف الذكر بحول دون ذلك: لأن إذا بطلت "Cx" (أي إذا لم يتم تطبيق اختبار المغناطيسية)، سوف يضطر إلى الحكم بصدق "Qx" (أي الحكم بأن x مغناطيسي).

لقد تم اقتراح مصدرين لهذه الصعوبة: أما أن التأويل المنطقي للعبير "إذا...فـ.." لا يعبر عن معنى يناسب الجملة الإعرائية (أو يناسب، على وجه أكثر عمومية، الجملة الملاحظة الواردة على بيمين العلامة "≡")، أو أن استخدام العبير "إذا...فـ.." لا يثير علبه، لكن هناك حلا في مفهومنا للعلاقة بين الحدود النظرية والحدود الملاحظة الذي يفر قابلية الواحد منها عن الآخر (أي يفر " $Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$ "). وكما سبق أن لاحظنا، فإن المقترح الأول لم يفص إلى حل مجمع عليه من قبل طائفة كبرى من المفكرين؛ ليس نمة تأويل لمعنى "إذا...فـ.." المتعلق يتم عبر "الارتباط الضروري"، "الارتباط المادي"، "الارتباط الحيفي"، أو ما شابه ذلك، يؤمل الكتبترون حتى في كونه واعدة.

هكذا يختار كارباب البديل الثاني. الواقع أن اختياره مثال نمطي على النهج الذي سلف ذكره (الحرء 4)، والذي سوف يحاول كثير من فلاسفة العلم المعاصرين، بسبب ما يواجهونه من صعوبات، إعادته صباغة محاجاتهم وبتائجهم وفقه قبل التخلي عن أسس المنطق الواثقة. من هنا يعرج كارباب أن الحدود النظرية والحدود الملاحظة لا ترتبط عبر تعاريف صريحة للأولى عبر الثانية، بل عبر "حمل رد" نفوم فحسب بطرح تأويل جزئي للحد البطري. أبسط أنواع حمل الرد هو الفضية التالية:

$$Cx \rightarrow (Qx \rightarrow Ex)''.$$

الني تقرر أنه "إذا تم تطبيق الاختبارات C على x، فإن x تنخص بالخاصية Q إذا وفقط إذا أظهرت x الاستجابة E". إذا لم يتم تطبيق تلك الاختبارات، لن يلزم ضرورة احصاء x بتلك الخاصة، وهكذا يتم الخلاص من الصعوبات آنفه الذكر. Q هنا تحصل فحسب على "تأويل جزئي"، بمعنى أن هذه الصباغة الجديدة لا تحدد معنى "Q" إلا نسبة إلى الأشياء الني تستوفي شروط الاختبار C. على هذا النحو، يطل معنى "Q" مفتوحاً،

بحيث يمكن باستمرار إضافة جمل رد جديدة تحدد المزيد من الشروط والاستجابات الخاصة باختبار حضور الخاصية Q⁶.

لقد أفضت هذه المحاحة ضد المبدأ الأول إلى النخلي عنه والاستعاضة عنه برؤية جديدة لعلاقة الحدود النظرية بالحدود الملاحظة. التمييز بين هذين النوعين من الحدود، رعم

⁶ عور الحد لتعريف إجرائي، وحتى استحاله بوفره المرعومه، لا تحول دوماً دون قيام العلماء بفول المفهوم المعني، إذا كان يقوم بوظيفة مهمه بسه إلى الطريه أسهر حالات حدوث هذا الأمر تتعس في قول مفهوم الحريء الأولي في الفيرباء الذي يعرف باسم "النيوتريو"، بالرعم من أن العلماء افترضوا أنذاك أن الربط العرب بس خصائص يعرى إلى تلك الكينونه حال دون ملاحظتها عبر أنه ما كان لهم السبب بمبدأ بعاء الطاقه لولا أنهم افترضوا وجود تلك الكينونة لقد كان من سأل الحلي عن ذلك المبدأ، الذي كان يطبق بشكل سائد وأساسى في علم الفيرباء بأسره، أن يحدث اضطرابا في معظم أرحاء ذلك العلم وفق هذا (وبالرعم من استحاله ملاحظته المرعومه أو ملاحظته أنه آثار معارنه لتلك التي طرح لنفسها، ما يعنى أن طرحه كان مناوره أدهوكه) تمت المصادره على حريء عبر فائل للملاحظه، النيوتريو، لتفسير عور النوار في الطاقه الملحوظ في عمليات إسعاعه بعينها (حقيقة كون النيوتريو قد اكسف لاحقا لا يؤثر في حقيقة أنه اعتتر وقت طرحه، من قبل الكيريس الدس قبلوه، عبر فائل للملاحظه الواقع أن هذه الحاله توصح صعوبه تحديد، ما هو "فائل للملاحظة" وما لس كذلك، في أى طور من أطوار باريج الفيرباء) من هذا سببان الحلل في فرص برعه إجرائنه مسدده بتسريط أن يكون كل مفهوم علمي فائلا للتعريف إجرائنا ليست كل حدود النظرية العلميه فائله حتى للتأويل الحرثي؛ بعض منها يربط فحسب بحدود أخرى، بعض منها مؤول حرثيا في سق منطقي

أن البراهين نضاغ بحبب يتم تجنب الصعوبات الباجمة عن عهده، يظل باقيا معنا؛ غير أن العلاقة أضحت تُفهم على النحو التالي:

المبدأ الثاني: يمكن فحسب طرح تأويل جزئي لبعض التعبيرات، على أقل تقدير، الواردة في النظرية العلمية عبر المفردات الملاحظة.

على هذا النحو لا يكون بالمقدور، حتى من حين المبدأ، الاستغناء عن بعض حدود المفردات النظرية؛ ثمة عناصر دلالة في مفاهيم النظرية العلمية تتجاوز ما تعدّه الخبرة. على ذلك، ووفق ما يفره أشياح هذه الرؤية، فإن هذا لا يعني العودة إلى المذهب الفائل بأن للعقل البشري قدرة خاصة على تنصر الواقع تتجاوز الخبرة، إذ بالإمكان، وفق قولهم، اعتبار كل معاني المفهوم غير الخبراتيه عبر موضع المفهوم في النسق المنطقي (قارن متلا، الجزء 7 أدناه).

ببد أن الست في أمر صحة مذهب كارباب، وبطلان المبدأ الأول، أصبح أكثر تعقيدا بسبب مبرهنة في المطق الرياضي قام وليام كريح بإثباتها. وفق هذه المبرهنة، إذا تم تقسيم لعبة النظرية العلمية (باستثناء الحدود "المنطقية البحتة" من قبل "→" و "≡" ؛ فارن الجزء 7 أدناه) إلى فئتين جامعيتين لا

عناصر مشتركة بينهما (الحدود الملاحظة والحدود النظرية)، سوف يكون بالإمكان دوماً الاستعاضة عن هذه اللغة بلغة أخرى لا تشتمل على أى حد من المفردات النظرية. يبدو إذن أنه بالمقدور في نهاية المطاف الدفاع عن المبدأ الأول (ولكن في صياغة معدلة، فالاستعاضة تتم عن اللغة بأسرها، لا عن تعبيرات خاصة فيها). غير أن مرهه كريج، كما يوضح همل ("مأزق المنظر"، الجزء 9)، لا تنجح حقيفة في جعل ذلك المبدأ أقل منافاه للعقل. ذلك أن اللغة الحديدية، التي تحل بدلاً من اللغة المشتملة على حدود نظرية، سوف تتسم بملمح غير مرغوب فيه (فضلاً عن ملامح أخرى)؛ سوف تتضمن عدداً لا متناهياً من المبادئ، بحيث تحقق في تحقيق الغاية المتعلقة بجعل النسق الأصلي واضحاً.

6. الحدود النظرية في مقابل الحدود الملاحظة: المبدأ الثالث

يتمثل أحد الدوافع الأساسية الكامنة خلف محاولة الدفاع عن تمييز بين الحدود النظرية والملاحظة في الرغبة في تفسير كيف يتسنى للنظرية أن تحتبر بمعطيات الخبرة، وكيف يمكن الحكم بأن نظرية ما "تفسر الحقائق" بطريقة أفضل من أخرى،

أي الرغبة في طرح تحديد دقيق للفكرة، الني يكاد يجمع عليها⁷، والتي تفر أن العلوم امبيريقية "مؤسسة على الخبرة". هكذا جادل أنصار المبدأين الأول والثاني على النحو التالي: يمكن اختبار النظرية العلمية إذا وفقط إذا كانت تتضمن على الأقل حدودا — أو مكونات يمكن تمييزها في معاني بعض حدودها — تحتاز على معنى مستقل عن سياقها النظري عن الإشارة إلى عناصر خبراتية مستقلة عن النظرية. أيضا بالمعذور المفارقة بين نظريتين مختلفتين إذا وفقط إذا كانت هناك على الأقل مثل هذه الحدود (أو المكونات) التي تحتاز على معنى مشترك فيهما.

⁷ أقول "يكاد يجمع عليها"، لأن الفلسفة الحديثة عرفت مدهنا نعر أننا إذا وطعنا العقل بحرص كاف، سوف نمك، دون الركون إلى أية حبراب، من اكشاف بعض الحقائق الأساسية المتعلقة بالنكون يمكن منها أن نسق حقائق أخرى (ورما العلم بأسره) في هذا القرن، قام إى أ مالن و السر آربر اندبحون بإحداث تعديل طفيف في هذه الفكرة، حيب أفرا أن النهج الامبريقي نفسه يسلم فوائس العلم، بمعى أنه إذا فمنا = بتحليل ذلك المصح بدفع كافه سوف يكون بالإمكان الاستعاء عنه بوصفه سنبلا للحصول على نتائج علمه هكذا نعر مالن مالا أننا "ما أن نقوم بتحديد دقيق لكيفية وعنا بالحوابب الكميه من الطاهره، حى يصبح قادرس تلفائنا، طالما لم نعوربا المهارة، على اسباق كل العلاقاب القائمة بس تلك الحوابب الكميه"

[E A Milne, 'The Fundamental Concepts of Natural Philosophy,' *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, LXII (1943_44), Part I, reprinted in M Munitz (ed.), *Theories of the Universe* (Glencoe: The Free Press, 1957), pp 358_359]

وفى عياب مثل هذا المعنى المشترك، لا تتحدث النظريتان عن ذات الأنساء، ما يحول دون المقارنة بين درجة ملاءمتهما. من وجهة النظر هذه، حتى لو لم يكن التمييز بين "النظري" و"الملاحظي" دقيقاً إلى حد كاف، بتعين أن يكون تمة تداخل فى المعنى بين النظريتين، طالما رغنا فى عقد مقارنة بينهما.

كثير من المتفكرين، حتى من قبل منهم المبدأ الثاني، أصبحوا يرتابون فى كون المميز دقيقاً إلى الحد الذي افترضه كثير من فلاسفة العشرينيات والثلاثينيات. إذ ما الظروف التي نكون فيها "مجرد ملاحظين" عوضاً عن أن نكون "مؤولين" في ضوء النظرية؟ من جهة منطرفة، حين نصدر حكماً بخصوص المسافات وفق الأحجام النسبية الطاهرية، ألا نكون قد افترضنا (ربما "بسكل غير واع") معرفه بهدسة المكان؟ هل نحن "مجرد ملاحظين" حين ننظر عبر المقراب، الذى "أسس" على قدر هائل من المعرفة النظرية بعلم البصريات؟ (ألا نعد مثل هذه الملاحظات — بل كل الملاحظات — "مشحونة" نظرياً بدرجة ما على الأقل؟). من الجهة المتطرفة الأخرى، فيما يتعلق بالحدود التي تصنف عادة على أنها "نظرية"، ألا يقوم العلماء

"بملاحظة" الدرات والبرونونات وحنى البيوبرينوات؟ (أم تراهم بلحظون آثارها فحسب؟ ولكن حتى على افتراض أنهم لا يلحظون سوى آثارها، هل يعد هذا سببا كافيا لنصيفها بوصفها "نظرية"؟ لقد جادل بعض الفلاسفة بأننا لا نعلم بملاحظة أية أجسام مادية، وبأن مبلغ ما تتسنى لنا ملاحظته هو الآثار التي نحدثها على حواسنا أو عقولنا). وحتى على افتراض أننا نفهم عادة بالتمييز بين اللغة الملاحظة واللغة النظرية، هل يتعلق هذا التمييز بتحليل العلم بالطريقة المعمقة التي تعزى إليه من قبل أنصار المبدأين الأول والثاني؟ ذلك أن العالم، وفق ما يسير بيير دوهم، لن يجيب حين يسأل بقوله مثلا إنه "يدرس تأرجح قطعة النحاس النني تحمل هذه المرأة"، بل سوف يقول "إنه بفهم بقباس مفاومة الملف الكهربائية". بكلمات أخرى، حتى عندما يفهم العلماء بإقرار "ملاحظاتهم"، فإنهم لا يستخدمون ما نسميه وفق الدلالة العادية لغة "ملاحظة" بمعنى صرف، بل يستخدمون لغة تفترض أصلا قدرا كبيرا من فهم النظرية العلمية.

في ضوء مثل هذه الاعتبارات، زعم بعض الفلاسفة المتأخرين أن التمييز بين الحدود الملاحظة والحدود النظرية

تميز في الدرجة لا في النوع، بحيث يكون في أسوأ الأحوال اعساطاً، وفي أفضلها مجرد عرف، كون موضع الحد الفاصل يختلف من شخص إلى آخر ومن سياق إلى تان. وعلى وجه الخصوص، فإن تقريبات العالم عن ملاحظاته سوف تكون متحونه بدرجة كبيرة بالنظرية. لهذا السبب حاول أشياخ المبدأ الناس في الآونة الأخيرة، بعد أن انتبهوا إلى إمكان ألا يكون المبرر مطلقاً، صباغة براهينهم بطريقة مستقلة عن سبل عهد ذلك المبرر (قارن مثلاً ملاحظات همل في نهاية الجزء 2 من "مازو المنظر").

على ذلك، ثمه من ذهب إلى أبعاد من ذلك، فحادل بأن كل حدود النظرية العلمية "متحونه نظرياً" أو "مرتبهة نظرياً" بالمعنى المتطرف التالي:

المبدأ الثالث: يستحيل (في معظم الحالات على أقل تقدير) فصل أحد مكونات معاني الحدود الواردة في نظريات مختلفة بحيث تكون لدى مثل هذه النظريات ذات المفردات الملاحظة أو مفردات ملاحظة متداخلة؛ رغم إمكان أن ترد ذات الحدود في تلك النظريات المتغايرة، فإنها لا تحتاز على ذات المعاني، كون المعنى يتوقف بشكل حاسم على السياق النظري ويختلف باختلافه.

هناك وجهة نظر نقارب على الأقل هذا الموقف المتطرف تجدها في مقالة ستيفن نولمن، حث يؤكد أن أنواع "الظواهر" التي تنبر المشاكل للعالم هي تلك التي تتحرف عن نمط أو توانر متوقع. يسمي نولمن مثل هذه الافتراضات الخاصة بما يحتاج إلى تفسير "بمثل النظام الطبيعي" أو "النماذج المثلى". بيد أن تلك "المثل" لا تقوم فحسب باختيار أية خبرات تعد إشكالية، بل إن "الظواهر" نفسها، فيما يعر نولمن، معرفة من قبلها. هكذا يحدثا (في نص لا تشمل عليه المقالة المتضمنة هنا) عن "التفاعل المستمر بين النظرية والحقيقة – الطريقة التي تؤسس وفهها النظريات على الحقائق، وتضفى بها في ذات الوقت أهمية على تلك الحقائق، بل بحد ما يعد "حقائق" أصلا نسبة إلينا".⁸ أيضا فإنه يجادل بأن "الذين يعتفون مثلا أو نماذج مثلى مختلفة لا يكونون معنيين بذات المشاكل؛ فالحوادث التي تتشكل "ظواهر" عند الواحد منهم سوف تغفل من قبل المنمنى إلى باراداييم أخرى على اعتبار أنها "طبيعية تماما".

⁸ S Toulmin, *Foresight and Understanding* (Bloomington Indiana Univ Press, 1961), p 95

وثمة رؤية أكثر تطرفاً طرحها تومس كون في كتابه "بنية الثورات العلمية" (The Structure of Scientific Revolutions).
يعر كون أن "النماذج المثلى"، التي تتشكل الطريقة التي ينظر بها العلماء المنتمون إلى مواريث مختلفة إلى العالم، والتي نرشداهم في تشكيل تحاربهم ونظرياتهم، "غير قابلة للقياس بالوحدات نفسها". النموذج الأمثل (الباراداييم) يحدد ما يعتبره العالم المنتمي إلى موروث بعينه حقائق، كما يحدد مشاكله والمعابر التي يشترط استيفاؤها من قبل النظرية. كل هذه تختلف بوجه عام من باراداييم إلى أخرى. فمثلاً، على اعتبار أن الفرياء اليونونية (وفق ما يرى كون) مؤسسة على باراداييم تخلف عن ساردايم أينستين، لا تعد نظرية أينستين، كما يعتد عادة، صياغة أكثر دقة وشمولية من الفيزياء النيوتونية؛ ذلك أن الحدود التي تكون من قبل "مكان"، "زمان"، و"كتلة" تحتاز على معاني متعايرة كلية في تينك النظريين.

ولكن، إذا كانت معاني كل الحدود محددة من قبل النظرية (أو الباراداييم)، بحيث تستحيل المقارنة حتى بين معاني ذات الحدود في سياقات نظرية مختلفة، ولا يكون ثمة فاسم

مستترك بينهما، ينعين علينا أن نتساءل، صحة الدين حاولوا الدفاع عن تمييز بين الحدود النظرية والحدود الملاحظة، عن كيفية التفصيل بين النظريات، وعن الكيفية التي تشكل بها الاستعاضة بنظرية ما عن أخرى "تقدماً" أو "تطوراً". إن كون يعي تماماً هذه الصعوبة؛ ففي فقرات لا تشتمل عليها مقالته المتضمنة في هذه المختارات يزعم أنه غفب قيام ثورة علمية، حيث حل بارادابم محل أخرى، "يطراً تغيير على مجمل شبكة الحيفة والطربة"⁹. وفق هذا، "قإن أعضاء الجماعين العلميتين، كونهم يمارسون أنشطتهم في عالمين مختلفين، يرون أشياء مختلفة حين ينظرون من نفس الموضع في ذات الاتجاه"¹⁰. على ذلك، يفر كون "أن هذا لا يعني أنهم يستطيعون رؤية كل ما يرون في رؤيته. كل منهم ينظر إلى العالم، وما ينظرون إليه لم يطرأ عليه أي تغيير"¹¹. غير أنه يصعب فهم كيف يتسق هذا الاستدراك (والتمييز الملمح إليه بين "الرؤية" و"النظر") مع وجهة نظره التي تقر عدم قابلية المفردات العلمية للقياس

⁹ T Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago Univ of Chicago Press, 1963), p 140

¹⁰ Ibid , p 149

¹¹ Ibid , p 149

بالوحدات نفسها، وكبف يتسنى لكون الخلاص من السببية المتطرفة المصممة في قوله "إن التنافس بين النماذج المملى ليس صراعا يمكن حسمه عبر الإثبات"¹². يبدو أن استدراكه أقرب لأن يكون صياغة للإنشائية التي ببعين عليه وعلى أسياح مذهبه مواجهتها — إسكاله كيف يمكن أن يتم المقارنة بين بطرياب غير قابلة للقياس بالوحدات نفسها — من أن يكون حلا لها. يبدو أنه يود الحكم بأن النظرية لا تُقل لأنها "أفضل" من غيرها، بل تعد أفضل من غيرها لأنه تم قبولها.

في المقابل، يحاول تولمن الإجابة عن السؤال الذي يستثيره تلك الصعوبة: "كيف يمكن لنا أن نعرف أية افتراضات ينوجب علها تبنيها؟ لا ريب أن النماذج المثلى التفسيرية ومثل النظام الطبيعي لبست "صادقة" ولا "باطلة" بأي معنى سادج. عوضا عن ذلك، فإنها تذهب بنا شوطا أبعد (أو أقرب)، وتعد نظريا أكثر (أو أقل) خصوبة". ولكن ما الإنجاز الذي تؤدي هذه "الخصوبة" تماره؟ وصبوب أية عايات نطع بنا النظرية "شوطا أعد" من غيرها؟ بالنوكبد لا تكون مجموعة من الافتراضات أو

¹² Ibid , p 147

المثل أفضل من أخرى بمعنى أنها يمكننا من التعامل بفعالية أكثر مع دات الإشكاليات أو دات الحقائق، فالإشكاليات والحقائق، وفق وجهة نظر تولمس، يختلف من مثال إلى آخر. إن تولمس، شأن كونه، يخفق في توصيف الكثير بخصوص المعنى الذي يُحكم وفه بأن بطرية ما تعد مرضية أكثر من غيرها.

هكذا نفى في مواجهة مأرو: إما أن نعمل التمييز بين الحدود النظرية والحدود الملاحظة (في صيغة أو أخرى) أو نرفضه. إذا قلنا، سوف يتمكن من حل النظريات العلمية موضعاً لحكم الحقائق المستقلة عنها، بيد أننا نظل في مواجهة مهمة جعل التمييز دقيقاً أو تبيان كيف تتمايز العناصر التي تسمح بالمقارنة بين مختلف النظريات. إذا رفضناه، سوف نتجنب صعوباته التي لا قبل لأحد بإنكارها، بيد أننا سوف نواجه إشكالية تفسير كيفية عقد المقارنة بين النظريات والحكم عليها. يتوجب على هذين البديلين تحطيم صعوبات كأداء لمحا هنا إلى بعض منها. الواقع أن إحدى إشكاليات فلسفة العلم

الحاسمة في الوقت الراهن إما تتعين في البحث عن سبيل آمن بين قرني تلك المعصلة.

7. النظريات والأنساق الاكسوماتية

تبين لنا إيان فحص إشكاليه الحدود النظرية كيف أفضى التحليل النقدي إلى تطور في الرؤى. بيد أن الانتقال من المبدأ الثاني إلى الثالث لا يشمل فحسب على تعبر في حل إشكالية مفردة. فحلف الرؤية التي يعرفها المبدأ الثالث يكمن ما يمكن اعتباره تعبيراً حاسماً في "الأسلوب الفلسفي"، في سبل صياغة وتناول الإشكالات. لم يعد المنطق الرياضي عند أشتياح تلك الرؤية مفصّل حل مشاكل فلسفة العلم. سوف يتمكن من تعميق فهمنا للتغير الذي طرأ على الرؤى بالقيام بمسح لفضايا أخرى بعد مركزية في نقاشات راهنة (وفي المختار التالفة).

تتعلق إحدى تلك الفضاءات بمدى اقتدار المنطق على الكشف عن طبيعة النظرية العلمية. تمة رؤية في النظرية العلمية تعد أساسية نسبة إلى نقاش همبل في "مارق المنظر"،

وبسبة إلى عدد كبير من أعمال مفكرين يرون أن المنطق الرياضي أداة لفهم العلم، مفادها أن النظرية العلمية نسق اكسوماتي مؤول. مفهوم النسق الاكسوماتي واضح بداهة، فهو عبارة عن فئة من الجمل تُقل بداية (وهي تقسم عادة إلى تعاريف، ومبادئ، ومصادرات، وإن كان هذا أمر لا يتعلق بمقصدا)، بحيث يتم وفها إثبات حمل أخرى (مبرهات). غير أن هذا المفهوم البين بداهه أصبح، بفصل جهود الماطفه المحدثين، موضعا لتطورات غابة في الإحكام، حيب تم طرح تحليل غابة في الدقة لخصائص الحدود الوارد ذكرها في المبادئ، وسبل التوليف بيها في جمل تشكل تلك المبادئ، ولمفهوم الاسنباط أو الإثبات الذي يُخلص عبره إلى المبرهات. لنتمين هذا العمل ونطبفاه على فلسفة العلم، يتوجب أن نفهم بداية ما يعنيه الماطقة بالنسق الاكسوماتي غير المؤول. مثل أي شيء آخر، يتعين أن تتم صياغة النسق عبر لغة ما؛ حنى مفهوم اللغة يتم التعامل معه من قبل الماطقة بشكل دقيق، عبر مفهومهم في اللغة الصورية. دعونا نفارب هذا المفهوم عبر القياس التالي. المعاجم العادية تعرف الألفاظ بطريفة

دائرية؛ أي أننا إذا بحثنا عن معنى لفظة ما، وعن معاني كل الألفاظ المستخدمة في تعريفها، لن نلبث أن نجد أنها تعرّف عبر ذات اللفظة التي كنا نبحث عن معناها. هبنا وددنا الخلاص من هذه الدائرية بإعداد قائمة تشتمل على عدد قليل من الألفاظ البسيطة (نسميها "حدوداً أساسية" أو "أولية") التي نجد معانيها واضحة وتعد مناسبة لتعريف سائر ألفاظ المعجم (التي نسميها "ألفاظاً معرّفة"). على هذا النحو يمكن، من حيث المبدأ على أقل تقدير، الاستعناء عن الألفاظ المعرّفة، فما يمكن أن يقال باستخدامها يمكن قوله بدونها، باستعمال الحدود الأولية. هبنا قمنا أيضاً بسرد القواعد التي يمكن وفها التوليف بين الحدود الأساسية لتسكيل عبارات وجمل تحتاز على معنى؛ سوف نسمي هذه القواعد "قواعد نحوبة" أو "قواعد الصياغة" الخاصة بالعبارات والحمل. على هذا النحو، إذا اعتبرنا "تفاحة"، "ينمو"، "على"، "شجرة" حدوداً أولية في معجمنا، سوف نحاول تسكيل قواعد تكون وفقها الجملة "ينمو التفاح على أشجار" جملة "سليمة" نحويًا، خلافًا لـ "على ينمو الأشجار التفاح". في لغات كالإنجليزية، تعيس إحدى الصعوبات التي سوف نواجهها في

كون مهمة تشكيل مثل هذه الفواعد غاية في التعقيد، فثمة عدد أكبر مما يجب من النوبيعات الممكنة، ولكل قاعدة ثمة عدد متكرر من الاستثناءات. لهذا السبب، وفضلا عن محاولة الحصول على سبيل لحسم قصايا من قبيل طبيعة النسق أو النظرية، نعامل الماطفة مع لعات مستحدثة تتسم بالملاح سائلة الذكر في قياسا، ولكن دون أن تكون معدة.

تتكون اللغة الصورية إذن من إعداد دقيق لقائمة من الحدود الأولية، فضلا عن مجموعة من الفيود، تطرح في شكل قواعد صياغة دقيقة يمكن وفقها النوليف بين هذه الحدود في صياغات سليمة. تشمل الحدود الأولية على حدود منطقية صرفة (من قبل الرابطين "≡" و"→" ، وربما روابط مغايرة لهما يمكن عبرها تعريفهما) وحدود "عير منطقية" (يمكن اعتبارها حدود اللغة "الملاحطية أو "النظرية"، ما لم يتم بالطبع تعريف كل الحدود النظرية). وفضلا عن الحدود الأولية، سوف تكون هناك بوجه عام حدود معرفه، غير أنه بالمقدور الاستثناء عنها من حيث المبدأ.

هذه إذن لعبة صورية. وفق هذه المرحعية من الحدود الأولية وقواعد الصباعة، يتم تشكيل نسق اكسوماتي: فئة من الصياغات السليمة يتم اختيارها تشكل مبادئ النسق. ثمة قواعد تحويل (أو استنباط أو استدلال) محددة بطريقه ديفيه ساط بها مهمة تحديد فئة من المبرهنات التي يمكن اشتقاقها من المبادئ. (وفق الفياس السابق، هنا قمنا، عقب طرح قواعد الصباعة لتشكيل جمل تحتاز بحويا على معنى، باختيار عدد قليل من الجمل التي اعتبرناها صادقة، تم حاولنا، وفق قواعد المنطق، اشتقاق جمل صادقه أخرى منها. قد يكون على درحه من الحكمة حببت نفوم باخسار المبادئ بطريفة تضمن استعاق سائر الجمل الصادقة في لعتنا).

تمة ملمح عايه في الأهمية اتسم به نقاشنا حتى الآن، يتعين في كوبا لم نفترض أي فهم للحدود الأولية: نسبة للمنطوي، تعد هذه الحدود غير مؤولة، بمعنى أنه لا حاجة لاعتباره احيارها على معنى مغابر للفيود التي فرصت على سبل توليفها وفق قواعد الصياغة. حتى الحدود غير المنطقية يمكن التعامل معها بوصفها رمورا تعورها الدلالة تفحم وفق

قواعد بعينها في صياغات مطفية. وبالطبع، فإن كل هذا مجرد ملمح آخر لحقيقة كون الماطفة معنيين "بشكل" الفضاء والاستنباطات، عوضا عن "محوها".

لهذا السبب، إذا رعبا في اعتبار النظرية العلمية سفا اكسومانيا، فإن ما لدينا حتى الآن مجرد هيكل لمثل هذه النظرية؛ ثمة حاجة لتأويل الحدود الأولية. نسبة إلى أنصار المبدأيس الأول والثاني، إذا أغلينا إشكالية تأويل الأوليات المنطوية البحتة، تتعين الإشكالية في كيفية تأويل الأوليات التي بعد "ملاحظة" والأوليات التي تعد "نظريه" (على افتراض وجود مثل هذا التمييز، وافترض استمال تلك الأوليات على هذين النوعين). مفاد رؤيه همل لهذا التأويل هو أننا نعتز الحدود "الملاحظة" "مفهومة مدنئا"؛ ولأنه يجد صعوبة في محاوله فهم الحدود النظرية، فإنه يقر وجوب تأويلها عبر الحدود الملاحظة. ولإنجار ذلك، فيما يصيف، نفوم بطرح ما يسميه "الجمال المؤولة" أو "الفواعد" التي تربط حدودا بعينها من المفردات النظرية بحدود ملاحظة". على هذا النحو، نحصل على سق

اكسوماتي مؤول، وتفهم النظرية العلمية على أنها تشكل مثل هذا النسق¹³.

من وجهة النظر هذه، يتم رد مسألة العلاقة بين الحدود الملاحظة والحدود النظرية إلى مسألة مدى إمكان ربط الحدود النظرية بحدود ملاحظة عبر مثل تلك القواعد التأويلية. هكذا يرى كارناب على سبيل المثال أن (1) بعض الحدود النظرية لا تربط بالمعقدات الملاحظة إلا بتأويلات جزئية تنم عبر جمل رد؛ (2) وبعض الحدود النظرية الأخرى لا تربط إلا بحدود نظرية معارره، عبر قواعد صياغة النسق. ثمة أيضا مفاهيم للجمل التأويلية مغايرة لجمل الرد والتعاريف الإجرائية (بمعناها القديم) يافش همل (في الجزء 8) بعضا منها ("معجم كامبل"، مثلا). في ذلك الجراء، يحاول همل طرح تحليل عام قابل لأن

¹³ يمكن، وفق ما يعبر همل، تسكيل "نظرة (أو "نسق") عبر مؤول" حديد تتكون منادئه من منادئ النسق عبر المؤول، فضلا عن القواعد التأويلية. يوجب أن نلاحظ أن همه اتفاقا عاما على أن الصناعات الرئاصه الحاصه بالنظرية العلميه (بفرد ما يكون عبر مؤولة) قابلة لأن يصاع عبر حدود مطعنه (طالما فهما "المنطق" بمعنى واسع بسنا)

يُطبق على كل أنواع الجمل النأويلية عبر مفهوم "النسق التأويلي".

بيد أن مفهوم النظرية العلمية بوصفها نسقا اكسومايا غير مؤول ينفذ لكوته أصيق مما يجب، بل حنى لكوته يشوه الطبعة الحقة للنظريه العلمية، وهذه انتفادات سوف نعى نفيها عما قليل.

8. شبه القانونية والاشتراطات الفرضية

يشكل مفهوم "القانون الطبيعي"، شأن مفهوم "النظرية العلمية"، مناط جدل بين مؤلفي هذه المختارات. سوف نلمح هنا إلى إحدى المشاكل الأساسية التى تواجه أية محاولة للتعامل مع ذلك المفهوم توطف تعفيات المنطق الحديث.

وفق الرؤيه التى بركن إلى تحليل هيوم للسببية، فإن الفوانبن مجرد تعميمات مؤسسة على ارتباط ثابت بين خبرات سابفة بعينها؛ وفق ذلك التحليل، ليس ثمة عنصر معايير "للتمولية"، من قبيل "الصرورة"، تقره أية صياغة للقانون العلمى. الاعتراض الأساسى الذى يوجه باستمرار إلى هذه الرؤيه مفاده أنها تحقق فى النمير بين التعميمات العارضة

والجمل شبه الفانونية. (التعبير "جملة شبه فانونية" لا يشير فحسب إلى القوانين، بل يشير أيضا إلى الجمل التي حسبنا أنها قوانين ثم اتضح بطلانها.) فعلى سبيل المثال، يفصل التحليل الهيومى في ملاحظه أى اختلاف بين الحملتين "كل قطع السكر الموجودة فى هذه الحجرة قابلة للدواب فى الماء" (وهى جملة شبه قانونية) و"كل الأشخاص الموجودين فى هذه الحجرة يرتدون جوارب حضراء اللون" (وهى بعميم عارض أو مصادفة). سوف ينم دحض وجهة نظر هيوم، فيما يفر أصحاب هذا الاعراض، بمحدد أن يتمكن من عقد هذا التمييز.

ولكن كيف يتسنى أصلا عقد هذا التمييز؟ بكلمات أخرى، على اعتبار أن الجمل شبه الفانونية والتعميمات العارضة تتخذ الشكل "كل S هو P" (أو صياغة أكثر تركيبا لجملة كلية)، ما الخصائص الإضافية التي تميز الجمل شبه الفانونية عن الجمل الكلية التي ليست شبه قانونية؟ تمة اقتراح يفر أن القضايا سبه الفانونية قادرة على دعم "استراطات فرضية"، في حين بعجر التعميمات العارضة عن القيام بذلك. (الاشتراط الفرضي جملة تتخذ الصاعه "لو حدثت S (التي

تخالف ما حدب)، لحدثت P". لاحظ أن هذه الجملة تتخذ صياغة افتراضية). فمثلا، الجملة "كل قطع السكر التي توضع في الماء تذوب" تدعم الجملة "لو وضعت قطعة السكر هذه في الماء (لكنها لم توضع)، لذابت". في المقابل، فإن الجملة "كل الأشخاص الموجودين في هذه الحجرة يرتدون جوارب خضراء" لا تدعم الاشتراط الفرضي المناظر، "لو كان جونز (الذي لا يوجد في هذه الحجرة) موجودا فيها، لكان مرتديا جوربا أخضر". ذلك أن تلك الحملة تنسق أيضا مع الاشتراط الفرضي "لو كان جونز في هذه الحجرة، لبطل الفول بأن كل من فيها يرتدي جوربا أخضر اللون".

تكمن الإشكالية في محاولة توضيح مفهوم الاشتراط الفرضي؛ الواقع أن النجاح لم يقدر حتى الآن لأي من المحاولات التي بذلت في تحليلها. وعلى وجه الخصوص، لا سبيل لتأويلها، على الأقل بأية طريقة مباشرة، عبر المفهوم المنطقي العادي للتعبير "إذا..ف.."، فمقدمة الاشتراط الفرضي باطلة دوما، ما يلزمنا بإفراز صدق كل الاشتراطات الفرضية حتى حال كون بعضها يناقض بعضا آخر منها. ولكن، وكما

سبق أن لاحظنا، ليس ههناك تأويل معايير واضح لذلك الرابط متوفر لدينا. من جهة أخرى، فإن المحاولات التي احتفظت بالدلالة المنطقية لذلك التعبير، وحاولت الكشف عن سبيل لنحو الصعوبات آنفة الذكر، وحدث نفسها مضطرة، في تحليلها لمفهوم الاشتراط العرضي، إلى افتراض ذات مفهوم شبه القانوني الذي كان يفترض أن يتم تحليله بالإشارة إلى تلك الاشتراطات، ما يعني أنها تقع في دائرة مفرغة. ثمّة محاولات أخرى لتحديد الفروق التي تميز بين التعميمات شبه القانونية والتعميمات العارضة يناقشها آرثر باب في مقاله المصن في هذه المختارات.

9. التفسير ودور النماذج

مفهوم همبل للتفسير العلمي رؤيه أخرى توضح التطبيق السائد للمنطق الرياضي على إشكاليات فلسفة العلم. التفسير عنده قد يكون استنباطيا أو إحصائيا، لكننا سوف نقتصر هنا على نفاش التفسير الاستنباطي. يقول همبل "ثمّة قاسم مشترك بين حالات التفسير العلمي والنبؤ العلمي بضربيه الفعلي (أي قبل وقوع الحدث) والبعدي (أي بعد وقوعه) يعين في

كونها تثبت إمكان اشفاق الحقيقة موضع الاعتبار من حقائق أخرى يعبها عبر قوانين عامة محددة". هكذا يتم تفسير الجملة E (استتباطيا) إذا وفقط إذا تم اشفاقها من مجموعة من الجمل تتشتمل على (1) فئة L من القوانين العامة، و (2) فئة C من الجمل الواقعية التي تشير إلى "شروط ابتدائية". (لاحظ أن تحليل همبل يرتهن بتحليل مسبق لمفهوم "الفانون"، فالتفسير محتم أن يشتمل على فانون). وبالعكس، لو تم تفسير E عبر L و C، لثم النبؤ (بعديا أو قبليا) — E حال الحصول على L و C (والعكس بالعكس). فمثلا، الجملة "الجسم الذي أضع في هذا السائل في الوقت t (حيث نشير t إلى وقت ماض أو حاضر أو مستقبلي) تدوب" تُفسر عبر استفاقها من (ويمكن التنبؤ بها قبليا أو بعديا وفق (1) الفانون العام "كل قطع السكر تذوب في الماء" و (2) جمل الشروط الابتدائية، "الجسم الذي أضع في هذا السائل في الوقت t قطعة سكر"، و "السائل المعني ماء".

تمة اعتراضات عديدة وجهت ضد هذه الرؤية في التفسير، حتى حال قصرها على التفسير العلمي وعدم الرعم بكونها تحليلًا عاما لمفهوم "التفسير". تنتمي معظم الانتقادات إلى

إحدى الطوائف الثلاث التالية: (1) اعتراضات ضد التمانلية المزعومة بين التفسير والتنبؤ¹⁴؛ (2) اعتراضات تقر أنه ليست كل حالات الاستنباط من قوانين عامه وجمل الشروط الابتدائية نسكل بفسيرات (الواقع أن دوهيم يزعم أن النظريات الفبربائية ليست تفسيرات إطلاقاً)؛ (3) اعتراضات مفادها أنه ليست كل حالات التفسير حالات استنباط من قوانين عامه وجمل شروط ابتدائية. سوف نعتبر فحسب مثالا على هذا النمط الأخير من الاعتراضات، أعنى المحاحة على وجود نوع من التفسير، ينم عبر "النماذج"، لا يمتثل لشروط هممل، على سواده في العلوم.

لا ريب أن العلماء غالبا ما يسيرون إلى تفسيرات "نماذجية". مثال ذلك تفسير القوانين الكيميائية في النسب التركيبية عبر النمودح الذري؛ تفسير توزيع الحطوط الطيفية

¹⁴ معظم أحرار كتاب بولمس "النكهس والسبؤ" (Foresight and Prediction) عباره عن هجوم صد "الرؤبه النسنية في التفسير" عبر أن بولمس، في المفالء التي يسمل عليها هذه المحاراب، أكثر عناه بتطوير رؤبه الحاصه في التفسير إبه لفت الانتباه إلى السبل التي تحدد وفعها "مثل النظام الطبيعي" ما بعد "عاديا" و"طاهريا" تحب بسدعي بفسيرا "إن سب أو بفسر الحذب يكون موضع سبؤل (أى يصح الحذب طاهره) حين بندو أنه يحرف عن هذا المسار المعباد"

عبر نموذج بوهر الكوكبي للذرة؛ تفسر أنماط الحيود عبر النموذج الموجي للصوء. ولكن هل تعد "التفسيرات" النماذجية تفسيرية حقيقية؟ وهل نعد النماذج عناصر أساسية أصلا في النظرية العلمية؟ يفر البعض، خصوصا دوهيم، أن النماذج لا تقوم إلا بوظيفته سبكولوجية في العلم: إنها دعائم ذهنية تغد منها العفول الضعيفة في محاولتها تجسيد مفاد المعادلات الرياضية، التي تشكل جوهر العلم. إنها لا تعد "تفسيرية" إلا بمعنى أنها تحل مثل هذه العفول الصعبة تنع بالآلفة مع رياضيات النظرية المحكمة، التي لا تشكل النماذج سبه إليها أية أهمية. النماذج عد دوهيم ليست حتى وصفية، فالنموذج الدر لا يمثل حقيقة ما يكمن خلف مشاهد الاتحاد الكيميائي. أما بالنسبة لتحليل النظريات العلمية بوصفها أسافا اكسوماتية مؤوله (انظر أعلاه، الجزء 7)، فإنه لا بذكر النماذج حتى مجرد الذكر؛ ويستطيع بصير ذلك التحليل أن يقر على نحو متسق أنه بصرف النظر عن القيمة التفسيرية الحقيقية التي بنطوي عليها النموذج، فإنها مسندة من قبل المنطق والرياضات التي يعكسهما النموذج، وأن النموذج بوصفه صورة محيلة للكيوية

التي تكون عليها الأشياء حفيفة، لا "يفسر" إلا بالمعنى الذي تعوزه الأهمية المتعلق بجعل الأشياء مألوفة.

ولكن هل تمثل هذه الرؤى بشكل صحيح الدور الذي فامت به النماذج، وربما ينبغي أن تقوم به، في تطور وبنية العلم؟ تعبر مقالته ماري هس عن إحدى المحاولات العديدة لطرح تفويم محكم لمختلف معاني كلمة "نموذج" وللمهام التي يقوم بها في العلم. لا ريب أن لنتائج مثل هذه التحليلات علاقة وثيقة ليس فحسب سلامة الرؤية الهمبلية للتفسير، بل أيضا سلامة وجهة النظر التي تفر أن النظريات العلمية تعد أنساقا اكسوماتية مؤولة.

10. الاستقراء والبساطة

إذا تم قبول التمييز بين "النظري" و"الملاحظي" وتم توصيحه، سوف تستنار إشكاليات أخرى تختص بكيف تتعلق الحقائق الملاحظة على وجه الضبط بفابلية الجمل العلمية للعبول أو عدم فابليتها له¹⁵. غالبا ما يقال إن الشاهد الامبيريفي "يدل

¹⁵ بخصوص هذه المسائل، تمه مبادئ يمكن صياغتها بناطر إلى حد قرب المبدأ أن الأولس الحاصص بالعلاقات القائمة بين معاني الحدود النظرية والحدود

على" (أو "يدحص") القوانين العلمية أو النظريات، كما يقال إن التّـدليل ينوفف على درجة الدعم التي تقدمها الشواهد. غير أن التّـأويل الدقيق لكلمة "تدليل"، وللشروط التي يؤثر الشاهد الجديد بمفضاها في درجة التّـدليل، فصلا عن المدى الذي يمكن وفه قياس هذه الدرجة كميا، مسائل أبعد ما تكون عن الحسم النهائي. وعلى وجه الخصوص، نسبة إلى مسألة ما إذا كان بالإمكان قياس درجة التّـدليل كميا، يحو تحليل مفهوم "الاحتمال" صوب شغل مركز الصدارة، إذ يبدو لأول وهلة أن لنا أن نفترض أن الدرجة التي يـم وفها التّـدليل على الفرض العلمي تشكـل احتمال صدقه وفق الشواهد المتوفرة. مـفـالـة كارناب تناقش هذه المواضيع، كما تقترح تحـلـيـلات أخرى لمفهوم "الاحتمال" لا ترتبط بمفهوم "درجة التّـدليل"، بل تتعلق بما يسميه كارناب "الاحتمال²" (مقالة كارناب، الجزء II).

ويذهب إلى أن الوظيفة المهمة التي تؤديها الحقائق الامبريقية نسبة إلى القوانين والنظريات العلمية لا تتعلق

الملاحظية يمكن أن يصاع مدأ (أو مجموعة من المنادئ البدله) ساطر المدأ
البالغ، غير أن هناك صعوبات حاصه بسرها هذا الأمر

بالدليل بل بالدحض. مقالة كور نقد للرؤيتين التذليلية والدحضية في قبول تلك النظريات والقوانين، فضلا عن الرؤية الإجرائية. أيضا ثمة من برنئي (دوهيم وكون مثلا، راجع المحناراب) أنه ليست هناك تجربة أو شاهد ملاحظي يعد "حاسما" في سباق دحض أية حمله علمية مفردة — فهناك باستمرار بدائل متعددة يمكن تبنيها في وجه الشواهد المضادة. يناظر هذا المذهب، المتعلق بأسحاله التجارب الحاسمة نسبة إلى رفض أو دحض القوانين والنظريات، المذهب مفاده قابلية أية مجموعه من الحقائق الامبريقية لأن تفسر من قبل (أي يمكن أن تدل على) أكثر من نظرية أو قانون (وربما عدد لا متناه منها). تنير مثل هذه المذاهب إشكاليات أخرى؛ إذا كانت هناك أكثر من نظرية لائتم الحقائق (بحيث بدل عليها الحقائق بنفس القدر)، فكيف يتسنى الأخير بينها؟ يركن أحد المقترحات المثيرة للحدل إلى اعتبارات "البساطة"، غير أن معنى "البساطة" الدقيق الذي يعلق بعملية التحير مُسكل بدوره. مقالة رتشارد رذنر تلمح إلى عدد من مفاهيم "البساطة" المختلفة وإلى المشاكل التي تُثيرها.

11. المنطق وتاريخ العلم

قمنا بمراجعة بعض الإشكاليات الأساسية التي تناقشها مختارانا، ورأبنا على وجه الخصوص كيف حاول المفكرون، الذين يقاربون فلسفة العلم عبر توظيف المنطق الرياضي بوصفه نموذجاً وأداة للتحليل، معالجة تلك الإشكاليات. وقفنا أيضاً على بعض الاستقادات التي تعرضت لها مذهبهم. على ذلك شعر بعض الفلاسفة أن الصعوبات التي تواجهها تلك المذاهب تنفذ إلى أعماق أكثر غوراً، كونها تنشأ عن استخدام مفرط لأفكار وتفانيات مطفية. ذلك أنه يبدو ممكناً، على سبيل المثال، أن وجهة النظر التي تفر كون النظريات العلمية أنساقاً اكسومانة مؤولة قد أعمت أبصار أسياعها عن كتبر من الوظائف التي تقوم بها تلك النظريات وتؤدبها مكوناتها. الحال أن المعالجة المطفبه للعلم إما تقتصر على تحليل النظريات التي بلغت طوراً متقدماً من التطور تعين عليها بلوغه قبل أن تكون جاهره لفعل الاكسمة، ما يعني أنه تم إغفال كثير من الأسباب الوحيية التي نجم عنها ذلك الطور المتقدم. جزء من مسؤولية ذلك الإغفال تطال وجهة النظر — التي تمثل شعاراً عند "الامبيريقية المنطفية" — والتي تفر أنه "لبس هياك منطق للاكتشاف". هذا

حكم صحيح وفق بعض الدلالات، إذ ليس بمقدورنا أن سننعيص بالمنطق عن العقوبة. غير أنه من غير المرجح أننا لن نفيذ، في محاولتنا فهم ماهية العلم ووظائفه، من دراسة العمليات التي يتم عبرها اختيار النظريات والفوانين العلمية وتبنيها إلى أن تبلغ الطور الذي نسرعه عنده الامبيريقية المطفية في معالحتها. إن هذا يفسر اهتمام كتاب من أمثال ماري هس، وكوس، وبولمن (وفبلهم دوهيم بوقت طويل) بباريح العلم. ذلك أنه من المتوقع أن تقوم دراسة ذلك الناريح ليس فقط بكشف النفاة عن أسباب سيكولوجية وسوسبولوحيه "تعورها الأهمية"، بل قد تحح أيضا في إمطة اللنام عن أسباب وجيهة تتعلق بالتطور العلمى.

مره أخرى، حتى النظريات العلمبة التي حفت قدرا كبرا من التطور وشكلت موضع عناية النهج الاكسوماني قد يساء تناولها حين يطر إليها بوصفها مجرد أساق اكسومانية مؤولة. ذلك أن المناطفة يتعاملون مع النظريات العلمية ومكوناتها على اعتبار أنها سنايكة جامدة ومفولة في أطر منطفية. غير أنه قد تكون هناك وظائف أكثر "دينامكية" يرع ذلك النهج نحو التغاصى عنها. هكذا تفنرح هس أن النماذج

نوظف عبر التطور التاريخي للعلم بحيث تقترح للعلماء سلا جديدة للبحث، كما يزعم نولمن وكون أن "مثل النظام الطبيعي" أو "النماذج المتلى" تقوم بدور ليس فقط في تحديد نوع المسائل التي نستتبر اهتمام العلماء، بل حتى في تحديد معايير لحلها ولطبيعة الحقائق التي يداولها العلم.

الأسوأ من ذلك، وفق رؤية أولئك النقاد، حتى حين يفهم النهج الاكسوماتي بلغت الانتباه إلى بعض العلاقات القائمة بين النظريات العلمية ومكوناتها، قد يكون قام بطرح صورة مشوهة عن طبيعته تلك الإنجازات. هكذا يفر كون، في معرض دفعه للرؤى الإجرائية، والنقصية، والدحضية، في قبول ورفض النظرية العلمية، أنها أساءت تأويل الدور الذي تقوم به الحفيفة التجريبية في العلم. في الآوبة الأخيرة، شرع بعض أنصار النهج "الامبيرقي المنطقي" في الاعتراف بأن معالجتهم للنظرية العلمية مجرد وصف لأوضاع "مثالية"؛ بيد أن هذا يتضمن فيما يبدو إقرارا مفاده أن ما يحتاجه هو فحص الفروق التي تميز النظريات العلمية عن الأنساق المؤولة، فصلا عن السبل التي أتر بها إغفال تلك الفروق بشكل سلبي في بعض تأويلات العلم.

لقد شعر عدد كبير من النقاد بأن التركيز على الجواب المنطقي قد جعل كثيرا من النقاشات الامبيريقية المنطوية تبدو غريبة عن العلم. الصفحات ثلو الأخرى قد تهدر دون ذكر وجهات نظر علمه، (إذا لا يفرض أن أولئك الفلاسفه معنيون أساسا بأبة وجهات نظر علمية فعلية)، وحين يأتي ذكرها في نهاية المطاف، فإنها تسرد بوصفها أمثلة توضح، وفق ما يستبان من النقاش، نتائج تم الخلاص إليها عبر براهين المنطق الرياضي الاصطلاحية الصرفة، عوضا عن فحص حالات علمية عيبية. لا غرو إذن أن تكون تلك النقاشات موضع رية. هكذا تنامي استتعار الحاجة إلى فحص أكثر دقة للتطور العلمي والممارسة العلمية الفعليين، وللمهام التي يقوم بها الحدود والجمل عبر استخدامهما الواقعي في العلم، وللحوانب التي تتغير فيها تلك الوظائف أو تبقى على حالها إبان تطور هذا السطاط. إن هذا إنما يعني عودة إلى فحص "محتوى" العلم، ومعاينة السبل التي يكون فيها استخدام حدود من قبيل "المكان"، والزمان والتفسير والسبب"، و"الفانون"، التي تستعمل في النظريات العلمية أو في الحديث عنها، متشابهة أو مختلفا في سياقات

محتلفه، فصلا عن التعرف على الكيفية التي تتشابه وفيها تلك الاستخدامات، أو تختلف، مع استخدامات الحدود المناظرة في سياقات (غير علمية) أكثر عادية¹⁶.

ومن المؤكد أنه حتى إذا اوضحت صحة هذه الافتراضات، فإنه يوجب ألا نعتبر بصحا بالتحلي كلبة عن مشاكل ومناهج ونائج النهج الامبيريفي المنطقي بوصفها عديمة الحدود. لقد تمكن أولئك الفلاسفة، كما أوضحنا، من حل الكثير من القضايا دقيقة إلى حد ملفت للنظر، كما أنه يصعب العثور على بدائل واعدة لتأويلاتهم. ليس ثمة ضمان يكفل التخلص من كل الصعوبات التي واحهم، أو من أى منها، عبر تحاور استخدام التقنيات المنطقيه بالطرق سالفه الذكر. بيد أن ثمة آمالا أكثر تتعقد على افتدار مثل هذه المناهج الجديدة

¹⁶ يوجب ألا يفرص أن فلسفه العلم في القرن العشرين، حتى ضمن الموروث الامبيريفي المنطقي، لم تعرف مثل هذا النوع من الفحص بـه حدل بصف عاده بأنه "فلسفي" أسر فيما يعلق بفصايا "المحتوى" — مناهج وبنائج علوم حاصه (مثل النسبيه، ميكانيكا الكم، والتحليل النفسي) عبر أن هذا الحدل كان سطر عليه نهج بركر على التحليل المنطقي ويحو صوب إفعال النطور التاريخي

والأكثر رحابة على الكشف على أقل تدبر عن سمات يسم بها العلم يبدو أن المعالجة المنطقية قد عملت على التغاضي عنها.

الجزء الأول

مقاربات منطقية

مأزق المنظر: دراسة في منطق تشكيل النظرية¹⁷

كارل همبل

درس كارل ح همبل في جونز، هايدلبرج، فيينا، وبرلين،
حب حصل على درجة الدكتوراه عام 1934. قام بالتدريس في شيكاغو،
كلية المدينة في نيويورك، كلية الملكات، بل، وهارفارد، وهو الآن أستاذ
كرسي سنوارت للفلسفة في جامعة برينستون من ضمن أهم أعماله تذكر

¹⁷ From Carl G. Hempel, 'The Theoretical Dilemma' in Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. III, edited by H. Feigl, Michael Scriven, and Grover Maxwell, pp. 37-47, 67-78, 87. University of Minnesota Press Copyright 1958 by the University of Minnesota.

"أسس سكيل المفاهيم في العلم الامبريقي"، دراسات في منطق الدليل،
التفسير الباموسي_الاستنباطي في معادل التفسير الإحصائي"، كما قام
صحه بول اوبنهايم) بالألف محب تحب عنوان "دراسات في منطق
التفسير".

Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science,
"Studies in the Logic of Confirmation" (Mind, 1945), "Deductive-
Nomological vs Statistical Explanation" (Minnesota Studies in the
Philosophy of Science, Vol III, edited by H Feigl and G Maxwell),
and (with Paul Oppenheim) "Studies in the Logic of Explanation"
(Philosophy of Science, 1948)

1. الأنسقة الاستنباطية والأنسقة الاستقرائية

نمة قاسم مشترك بين حالات التفسير العلمي والتنبؤ
العلمي (بضربيه القبلي والبعدي) يتعين في كونها تثبت إمكان
اتفاق الحليفة موضع الاعتار من حقائق أخرى لعبها عبر
قوانين عامة محددة. في أبسط الحالات يمكن صياغة هذا النوع
من البرهه بوصفه استدلالا استنباطيا على النحو التالي:

$$\begin{array}{l} C_1, C_2 \dots C_k \\ L_1, L_2 \dots L_r \end{array}$$

E

حيث $C_1, C_2 \dots C_k$ جمل تفر وقائع يعيها (مواضع ورحوم أجسام سماوية يعيها في وقت محدد متلا)، و $L_1, L_2 \dots L_r$ قوانين عامة (مثل قوانين الميكانيكا النيوتونية)، وأخيرا، E جملة تفر ما يتم تفسيره أو النبؤ به قبلها أو بعدا. وبالطبع، فإن هذا البرهان لا يحق غايته المقصودة إلا إذا كان نتيجته E مسئلة استنباطيا من المقدمات

سوف نستخدم التعبير السائد "أسفة (استنباطية)" للإشارة إلى هذه الأنماط الثلاثة من الإجراءات العلمية. بكلمات أدق، سوف نستعمل هذا التعبير للإشارة إلى أي برهان يتخذ الصبغة (1.1) ويستوفي الشروط الآتية الذكر، بصرف النظر عما إذا كان وظيف في التفسير أو النبؤ القبلي أو البعدي. أيضا سوف نستخدمه للإشارة إلى الإجراءات المتعلقة بإثبات براهين من النوع الذي يتخذ تلك الصياغة.

لم نعن حتى الآن إلا بحالات التفسير والنبؤ والإجراءات التي يمكن اعتبارها براهين استنباطية. غير أن هناك حالات كثيرة للتفسير والنبؤ لا تنتمي إلى النمط الاستنباطي بمعناه الدقيق. فمثلا، حين يصاب جوني بالحصاء،

قد تفسر إصابته بالإشارة إلى أنه أخذ عدواها من أخته التي تسببت لتوها منها. الوقائع الابتدائية الخاصة بهذا السياق تتعين في تعرض جوني لذلك المرض، فضلا عن كونه، فيما سوف نفترض، لم يصب بالحصباء في أي وقت مضى. بيد أننا لا نستطيع، لربط تيك الحقيقتين بالحيقة المراد تفسيرها، طرح قانون عام مفاده أن الحصباء تنتقل بشكل ثابت، في الظروف التي تم تحديدها، إلى الشخص الذي يتعرض لها. الواقع أن مبلغ ما يتسنى لنا تقريره هو كون احتمال انتقالها عاليا (وفق المعنى المراد من التكرار الإحصائي). وكذا الشأن نسبة إلى التنبؤ (بنوعيه) بحدوث إصابة بذلك المرض

تختلف هذه التفسيرات والتنبؤات عن سالفاتها في أمرين مهمين: القوانين المستتارة تنتمي إلى نمط مخالف، والجمل المفصود إبتاتها ليست مستلزمة استنباطيا من الجمل التفسيرية المطروحة. سوف نعى بهدين الأمرين على نحو أكثر تفصيلا. القوانين المشار إليها فيما يخص الصياغة (1.1)، قوانين الميكانيكا النيوتونية على سبيل المثال، نتخذ شكلا كليا أو تعد جملا كلية بالمعنى الدقيق. الجملة منها إقرار، قد يصدق أو

يبطل، مفاده أن كل الحالات التي تستوفي شروطا محددة بعينها سوف تختص دون استثناء بخصائص أخرى

كي نختصر النقاش، بقول إن الجملة الكلية تتخذ في أبسط صورها الصياغة "كل حالات P حالات Q "، في حين نتحد الجملة الإحصائية الاحتمالية في أبسط صورها الصياغة "احتمال أن تكون كل حالات P حالات Q هو r ". وبينما تستلزم الأولى إقرارا يتعلو بكل حالة من حالات P ، مفاده أنها حالة من حالات Q ، فإن الثانية لا تستلزم إقرارا حول كل حالات P ، بل إنها لا تستلزم حتى إقرار بخصوص أية فئة متناهية من تلك الحالات. الخاصية المميزة الثانية تلزم عن هذا الوضع. الجملة E التي تصف حدثا يشكل موضعا للتفسير أو التنبؤ (مثال إصابة جوني بالحصاء) ليست قابلة لأن تستنبط استنباطيا من الجمل التفسيرية المطروحة (مثال تعرض جوني للحصاء وعدم تعرضه مسبقا لها، والفانون الذي يفر أن احتمال إصابة من لم تسبق له الإصابة بهذا المرض هو 0.92). عوضا عن ذلك، وعلى افتراض صدق الجمل التفسيرية المطروحة، فإن ما يمكن اشتقاقه هو أنه من المرجح أن تصدق E ، رغم أن

صدقها ليس يفيد. لهذا السبب لا يعد هذا البرهان استنباطيا بل استقرائيا. إنه يستدعي قبول E تأسيسا على حمل أخرى لا تشكل سوى أساس جزئي، رغم أنها تشكل دعما قويا، لصحتها. مثل هذا البرهان، بصرف النظر عن العاية من استخدامه (تفسيريه كانت أم تنبئية أو خلاف ذلك) يسمى أنسقة استقرائية. وعلى وجه الخصوص، سوف نفترض بخصوص مثل هذه الأنسقة أن النتيجة لا تلزم منطقيا من المقدمات. وعلى نحو مماثل، سوف نستخدم هذا التعبير للإشارة إلى الإجراء المتعلق بدعم براهين من هذا القبيل

نمّة قاسم مشترك بين كل حالات الأنسقة العلمية سائلة الذكر، يتعين في كونها تستخدم قوانين أو مبادئ عامة ذات صياغة كلية أو إحصائية. توظف هذه الفوائس في تعزيز روابط منتظمة بين حفائق امبيريقية يسنى عدها اشتقاق بعض الحوادث الامبيريقية، بغية التفسير أو التنبؤ، من مثل تلك الحفائق. حين نفر في معرض التفسير أن الحدث الذي تصفه E "يسبب" توفر الظروف التي تفصل C_1, C_2, \dots, C_k في أمرها، فإن هذه العبارة تحناز على أهمية طالما أولت على اعتبار أنها تسيّر

إلى قوانين عامة تحل $C_1, C_2 \dots C_k$ منعلة بـ E ، بمعنى أن $C_1, C_2 \dots C_k$ (على فرض صحتها) تحتم يفينا صدق E (كما في حال الأنسفة الاستنباطية) أو تجعله محملا استقرائيا (كما هو الحال في الأنسفة الاستقرائية). هذا على وجه الضبط ما يجعل عملية تعبرر قوانين عامة أمرا مهما في العلوم الامبيرفية.

2. الكينونات الملاحظة والكينونات النظرية

تسهدف الأنسفة العلمية في نهاية المطاف دعم الانظام النفسيري والتنبئي صم معطيات الخبرة العابة في التعفيد، ايالطواهر التي يمكن "ملاحظتها" مباشرة من قبلنا. لذا فإنه من الملفت للنظر أن التقدم الهائل الذي تم إحرازه في الأنسفة العلمية لم ينحز عبر قوانين تنسير صراحة إلى ما يمكن ملاحظته، أي إلى أشياء احدث يمكن التحقق منها عبر الملاحظة المباشرة، بل عبر قوانين تتحدث عن مختلف الكينونات الفرضية أو النظرية، أي أشياء وحوادث وحصائص مفترضة لا يمكن لنا إدراكها أو ملاحظها بطريقة مباشرة أو بأية طريقة أخرى.

للتفصيل في هذا الأمر، من المفيد أن نشير إلى تمييز نألفه بين مستويين من مستويات الأنسفة العلمية، مستوى التعميم الامبيرقي، ومستوى تشكيل النظرية. عادة ما تنتمي مراحل تطور المحال العلمي المبكرة إلى المستوى الأول، الذي يتميز بالبحث عن قوانين كلية أو احتمالية تدعم قيام روابط بين الجوابب الملاحظة مباشرة من موضوع الدراسة. أما المراحل الأكثر تطوراً فتنتهي إلى المستوى الثاني، حيث يتغي البحث الحصول على قوانين شمولية، عبر كينونات فرضية، تفسر التواترات التي سلف دعمها في المستوى الأول. في المستوى الأول نجد تعميمات مادية يومية من قبيل "حينما يوجد ضوء، ثمة حرارة"، "يصدأ النحاس في الهواء الرطب"، و"يطعو الخشب فوق الماء وبغوص النحاس فيه"؛ لكننا قد نعزو إلى هذا المستوى قوانين كمية أكثر دقة من قبيل قوانين جاليلو، وكبلر، وهوك، وسنيل، فضلاً عن تعميمات تتعلق بالحيوان أو النبات تحتص بارتباطات ملازمة لخصائص تشريحية ومادية ووظيفية وخلافها تستبان في الفصيلة موضع البحث؛ كما نجد تعميمات في علم النفس تفر ارتباطات بين جوانب ملاحطية مختلفة من

عمليات التعلم والإدراك وغيرها وتعميمات وصفية مختلفة في علوم الاقتصاد والاجتماع والإنسان وكل هذه التعميمات سواء اكانت كلية أم إحصائية تستهدف التعبير عن ارتباطات منتظمة بين الظواهر الملاحظة مباشرة، بحيث تكون مهياة للنوطين التفسيري والتنبئى.

في المستوى الثانى نصادف جملا عامه تشير إلى مجالات كهربية أو مغناطيسه أو جاذبية، وأخرى تشير إلى الجزيئات والذرات ومختلف الحسيمات دون الذرية، فضلا عن الأنا، الإد، الأنا الأعلى، الليبدو، التسامى، التثبيت، التحويل، أو تسير إلى مختلف الكينونات غير القابلة للملاحظة التي تثار في نظريات التعلم الحديثة.

سوف نفترض وفق هذا التمييز أن مفردات العلم الطبيعى (ما بعد المنطقية) تنقسم إلى فئتين: حدود ملاحظة وأخرى نظرية. في حالة الحد الملاحظي، يمكن في ظروف مناسبة أن نقرر وفق الملاحظة المباشرة ما إذا كان يسري على موقف بعينه. بالمقدور تفسير الملاحظة هنا بشكل واسع بحيث لا تشتمل فحسب على الإدراك بل تتضمن أيضا الإحساس

والاستبطان. ولنا أيضا فصرها على إدراك ما يمكن من حث
المبدأ التحقق منه علنيا، بحيث يكون قابلا لأن يدرك بواسطة
الآخرين. عبر أن النفاش التالي لن يرتهن بسعة المدى الذي يتم
عبره تأويل الملاحظة

في المقابل، عادة ما تستهدف الحدود النظرية الإشارة
إلى كينونات غير قابلة لأن تلاحظ مباشرة، وهي توظف بطريقة
سوف نناقشها في النظريات العلمية التي تعمل على تفسير
تعميمات امبيريقية.

يبيّن أن تحديد ذينك النوعين من المفردات يظل غامضا،
كوبه لا يطرح معيارا دقيقا يمكن عبره حسم أو تصنيف كل حد
علمي بوصفه ملاحظيا أو نظريا. بيد أنه لا مدعاة لمنل هذا
المعيار الدقيق، فالمسائل التي نفحصها في هذه الدراسة لا
تتوقف على الموضوع الذي يتم فيه على وجه الضبط رسم
الحدود الفاصلة بين الحدود الملاحظة والمفردات النظرية..

3. ما الحاجة إلى حدود نظرية؟

يشير استخدام الحدود النظرية في العلم إشكالية معقدة: ما
الذي يجعل العلم يركن إلى كينونات فرضية طالما أنه معني

بدعم ارتباطات تنبئية وتفسيرية بين أشياء قابلة للملاحظة؟ أما كان يكفي لتحقيق مقاصد العلم أن نبحث عن نسق من الفوائبن العامة لا يأتي على ذكر سوى ما يمكن ملاحظته، بحيث يتم التعبير عنه بمفردات ملاحطية صرفة؟ أليس في هذا نوع من الاقتصاد؟

الواقع أنه تمت صياغة الكثير من الجمل العامة عبر ما يمكن ملاحظته، وهي تشكل العميمات الامبيريقية سالفة الذكر. بيد أن المحير هو أن كثيرا منها، إن لم تكن كلها، تعاني من قصور محدد: فعادة ما يكون محال التطبيق ضيفا نسبيا، وحتى ضمن هذا المجال الضيق، ثمة استثناءات تواحها، ما يعني أنها ليست جملا عامة صادقة. اعبر مثلا واحدا من أمنلنا السابقة على التعميم الامبيرقي:

(3.1) يطفو الخشب فوق الماء ويعوص النحاس فيه.

مجال هذا الجملة ضيق، كونها تشير فحسب إلى الأجسام الخشبية والنحاسية ولا تعنى إلا بسلوكها الطفوي نسبة إلى الماء وحده. الأهم من ذلك هو أن لها استثناءات، فثمة أنواع من

الخشب تغوص في الماء، كما أن النحاس المجوف ذا الأبعاد المناسبة يطفو على الماء.

يوضح تاريخ العلم أنه غالباً ما يكون بالمقدور إصلاح مثل هذا الخلل بأن تعزى إلى الظواهر موضع الدراسة مكوبات أو حصائص، ترتبط بطرق محددة بجوانب من موضوع البحث يمكن ملاحظتها، ويمكن من دعم ارتباطات نسفية بين هذه الجوانب. كمنال، نسلم بإمعانه في التبسيط، اعتبر الجملة (3.1).

يمكن الحصول على تعميم أفضل عبر مفهوم ثقل الجسم (x) النوعي القابل للتعريف بوصفه حاصل قسمة وزنه على حجمه:

$$(3.2) \quad s(x) = w(x) / v(x).$$

دعونا نفترض أنه قد تم تحديد كل من w, v إجرائياً، أي عبر نتائج ملاحظة ناجمة عن القيام بإجراءات قياسية محددة، بحيث يعدان ضمن الأشياء القابلة للملاحظة. هكذا يمكن اعتبار (s)، وفق تحديد (3.2)، خاصية أقل قابلية للملاحظة المباشرة. (s)، وبغية الحصول على مثال توضيحي بسيط، سوف نصنف (s) باعتبارها كينونة فرضية، ونسبة إليها نستطيع إقرار التعميم النالي الذي يعد نتيجة لازمة عن مبدأ أرشميدس:

(3.3) يطفو الحسم فوق السائل إذا كان ثقله النوعي أقل من ثقل السائل النوعي.

تتجنب هذه الجملة كل الاستثناءات التي تدحض (3.1)، فهي تتنبأ بشكل صحيح بسلوك قطع الخشب الثقيلة والكرات النحاسية المجوفة. فضلا عن ذلك، فإن مجالها أوسع، كونها تشير إلى كل أنواع الأجسام الصلبة وتعنى بسلوكها الطفوي نسبة إلى كل السوائل. غير أن هذا التعميم الجديد يعاني من بعض الفصور، ما يستدعي المزيد من التعديل. ولكن عوضا عن مواصلة هذا الأمر، دعونا نفحص بشكل أدق الطريقة التي يتم عبرها الحصول على ربط نسقي ضمن الأشياء الملاحظة، في مثالنا عبر القانون (3.3) الذي يتضمن أخذ سبيل غير مباشرة (عطفه) تمر بمجال ما لا يقل الملاحظة.

هنا ودنا التنبؤ بما إذا كان جسم بعينه b سوف يطفو فوق السائل 1. ينبغي بداية التحقق إجرائيا من وزنها وحجمها. هنا أيضا قد عبرنا عن هذه الفياسات بالجمال الأربع التالية:

$$(3.4) \quad O_1 \quad w(b) = w_1$$

$$O_2 \quad v(b) = v_1$$

$$O_3 \quad w(l) = w_2$$

$$O_4 \quad v(l) = v_2$$

حيث w_1, w_2, v_1, v_2 أعداد حقيقية إيجابية بعينها. نستطيع وفق التعريف (3.2) أن نستق من (3.4) التفل النوعي الخاص بكل b, l :

$$(3.5) \quad s(b) = w_1 / v_1$$

$$s(l) = w_2 / v_2$$

هـ أن القيمة الأولى أصغر من الثانية، ما يعني أن (3.4) تسنلرم عبر (3.5) الحملة (3.6) التي تفر أن $s(b)$ أصغر من $s(l)$. باستخدام القانون (3.3) نستطيع الآن اشتقاق (3.7) التي تفر أن b تطفو على سطح. سوف نمرر إلى هذه الجملة الأخيرة بالرمز O_s . هكذا يتضح أن يتم التعبير عن الجمل $O_1 \dots O_s$ بحدود ننتمي فحسب إلى مفردات ملاحظية. ذلك أن v, w ، كما افترضنا، حدود ملاحظية، وكذا شان $'l', 'b'$ اللتين تشيران إلى أجسام يمكن ملاحظتها. وأخيرا، فإن التعبير "يطفو فوق" حد ملاحظي أو بالمقدور أن نلحظ مباشرة في الظروف المناسبة ما إذا كان الحسم الملاحظي المعطى يطفو فوق سائل ملاحظي معطى آخر. في المقابل، فإن الجمل (3.2)، (3.3)، (3.5)، و (3.6) تستمل على حدود تنتمي في مثالنا إلى المفردات النظرية.

التحويلات المنظمة من "المعطيات الملاحظة" الواردة
فى (3.4) إلى السؤ (3.7) بظاهرة يمكن ملاحظتها مبنية في
الشكل التالي:

$$\begin{array}{lcl}
 O_1 & \rightarrow & s(b) = v_1/w_1 \\
 O_2 & & \rightarrow s(b) \square s(l) \rightarrow O_5 \\
 O_3 & \rightarrow & s(l) = v_2/w_2 \\
 O_4 & &
 \end{array}$$

التنؤ عبر ما يمكن ملاحظته ارتباط منتظم يتم عبر حمل تسيير المعطيات موصوفة
إلى ما لا يقل الملاحظه عبر ما يمكن ملاحظته

(الأسهم فى هذا الشكل تمثل استدلالات استنباطية. حين يشار
فوق السهم إلى جملة ما، فهذا يعنى أن الاستنباط يتم عبرها، أي
أن النتيجة الواردة على السمين تلزم منطقيا عن المقدمات الواردة
على الشمال موصولة بالجملة المذكورة فوق السهم.) لاحظ أن
البرهان المطروح يوضح الصياغة (1.1)، حيث $O_1 _ O_4$ جمل
خاصة بحقائق بعينها، وحيث تقر (3.2) و (3.3) قوايين عامة،

في حين تقر O_5 الجملة E المراد تفسيرها أو التنبؤ بها. على هذا النحو يوظف افتراض كينونات لا ملاحظة في تحقيق غاية الأنسقة. إنه يوفر ارتباطات بين ما يمكن ملاحظته في شكل فوائين تشتمل على حدود نظرية، وهذه العطفة التي تمر عبر كينونات مرضية تحقق غايات إيجابية سلف ذكرها.

غير أن قليلا من إعمال الفكر يبين أن الكسب الذي تم تحفيقه بتلك العطفة يمكن تحقيقه دون ركون إلى استعمال أي حد نظري. الواقع أنه بالمقدور باستخدام التعريف (3.2) إعادة صياغة القانون (3.3) على النحو التالي:

(37) يطفو الجسم الصلب فوق السائل إذا كان ناتج قسمة وزنه على حجمه أقل من الناتج المناظر نسبة إلى السائل. إن هذا البديل يظل يحافظ على المميزات التي اكتشفناها في (3.3)، والتي جعلتنا نفضلها على التعميم الفج (3.1). وبالطبع، فإنه يسمح بالانتقال الاستنباطي من O_1-O_4 إلى O_5 بفدر ما تسمح به (3.3) حال وصلها مع (3.2).

من شأن هذا أن يثير السؤال ما إذا كانت الأنسقة، تحققها مبادئ عامة تتضمن ضرورة حدودا نظرية، قابلة

باستمرار لأن تسنسخ عبر جمل عامة معبر عنها كلية بحدود ملاحظة. للإعداد لفحص هذه الإشكالية المهمة، ينبغي أن نفترّب أكثر من شكل النظرية العلمية والوظائف التي تسهم في أدائها.

4. بنية النظرية العلمية وتأويلها

من منظور صوري، يمكن اعتبار النظرية العلمية فئة من الجمل التي يعبر عنها بمفردات محددة. فالمفردات V_T الخاصة بالنظرية T حدود ما بعد منطقية، بمعنى أنها لا تنتمي إلى مفردات المنطق البحت. عادة ما يتم تعريف بعض حدود V عبر حدود أخرى تنتمي إليها، غير أن هذا، درءا للوقوع في حلقة مفرغة، لا يسري على كل حدودها. هكذا نستطيع أن نفترض أن V مقسمة إلى جزأين، حدود أولية لا تعرف لها، وحدود معرفة. وعلى نحو مماثل، يمكن اشتقاق كثير من جمل النظرية من الجمل أخرى باستخدام مبادئ المنطق الاستنباطي (فضلا عن تعريف الحدود المعرفة)، لكن هذا لا يسري على كل جمل النظرية، وإلا لوقعنا في حلقة مفرغة أو مترابطة لا متناهية. يمكن إذن تفسيم الجمل التي نقرها T إلى فئتين

جزئيتين، **الجمال الأولية** (المصادر أو المبادئ) و**الجمال المشتقة** (أو المبرهنات). سوف نفترض أن النظريات بصاع في شكل أنساق اكسومانية توصف ها عبر قائمة تتكون بدانه من الحدود الأولية والحدود المشتقة ونعاريف الحدود المشتقة، ثم المصادرات. أيضا سوف نفترض أن النظرية تصاغ ضمن إطار إسبادي لغوي ذي بنية مطفية بعينها تقوم على وجه الخصوص بتحديد قواعد الاسدلال الاستنباطي

ما أن يتم تحديد الحدود الأولية والمصادرات الخاصة بالنسق الاكسوماتي، حتى يتسنى إثبات المبرهنات (أي استفاق حمل أخرى من **الجمال الأولية**) عبر فوانين المنطق الاستنباطي الصورية الصرفة، دون إشارة إلى معاني الحدود والحمل المستخدمة. الواقع أنه لا حاجة لتحديد معاني تعبيرات هذا النسق، أولية كانت أم مشتقة.

غير أنه لا سبيل لتوظيف النسق الاستنباطي بوصفه نظرية في العلم الطبيعي ما لم بنم تأويله بالإشارة إلى طواهر امبيريقية. لما أن سطر إلى مل هذا التأويل على اعنار أنه ينم عبر تحدد مجموعة من **الجمال التأويلية** التي تربط حدودا بعينها

من المفردات النظرية بحدود ملاحظيه. سوف نقوم بفحص خصائص هذه الجمل بالتفصيل في الأجزاء التالية، وحسبنا هنا أن نشير كمثال إلى أنه بمقدور الجمل التأويلية أن تتخذ صياغة ما يعرف بالتعاريف الإجرائية، أي الجمل التي نحدد معاني الحدود النظرية بمساعدة حدود ملاحظية. من ضمن هذه التعاريف قواعد تحتاز على أهمية خاصة توظف في قياس المفادير النظرية، وذلك بالإشارة إلى اسحابات ملاحظية تقوم بعرضها أدوات قياسية أو مؤشرات أخرى

5. مأزق المنظر :

يشير هذا التصور لوظيفة النظرية ذات الإشكالية التي سبق أن واجهنا في الجزء الثالث، عنيث ما إذا كان بالمقدور تجنب العطفة النظرية التي تمر عبر مجال أشياء وحوادث وخصائص لا تلاحظ مباشرة. هب ملا، وكما بحدث في الغالب، أن الجمل التأويلية والفوايين التي يعرفها النظرية مصاغة في شكل معادلات تربط تعبيرات بعينها، عبر مفادير نظرية، بتعبيرات أخرى من ذات الفيل أو بتعبيرات تصاغ عبر مقادير ملاحظية. هب نستطيع أن نعبر عن الإشكالية بطريفة هل

المحتزلة: "إذا استطع تأمين ربط معادلي يمتد نطاقه من الظروف الملاحظة الابتدائية عبر الظروف الملاحظة اللاحقة، فلماذا نقوم، رغم أنه لا ضرر مؤكدا ينجم عن قيامنا، باستخدام عدة معادلات طالما أن معادلة واحدة تكفي؟"¹⁸

يمكن وصف النتيجة التي نخلص إليها هذه الحاجة بمفارقة التنظير. إنها نفر أنه إذا كانت الحدود والمبادئ العامة المتعقبة بالنظرية تؤدي مفاصدها، بحيث تنجح في دعم ارتباطات محددة الظواهر الملاحظة، فإنه بالمقدور الاستعانة عنها، إذ سوف يكون بالإمكان الاستعاضة عن أية سلسلة من القوانين والجمال التأويلية التي تدعم هذه الارتباطات بقانون يربط مباشرة بين الظروف الملاحظة الابتدائية بالظروف الملاحظة اللاحقة.

بإضافة جملتين صادقيتين بداهة إلى هذا المبدأ الحاسم، نحصل على محاجة تتخذ شكل المأزق (أو برهان المعضلة) التقليدي:

¹⁸ C L Hull, "The Problem of Intervening Variables in Molar Behavior Theory", *Psychological Review*, Vol 50 (1943), p 284 Reprinted in M H Marx (ed), *Psychological Theory* The Macmillan Company, N Y , 1951

(5.1) إذا كانت حدود ومبادئ النظرية تحقق أهدافها، فهي كما أوضحنا ليست ضرورية، وإذا عجزت عن ذلك، فلا ريب أنها ليست ضرورية أيضا. لكن حدود ومبادئ أية نظرية إما تحقق أهدافها أو تعجز عن تحقيقها، ولذا فإن حدود ومبادئ أية نظرية ليست ضرورية.

سوف سمي هذه الحاجة، التي تنسق نيتها مع مذهب السلوكية المنهجية المتشددة في علم النفس، بمأرق المطر قبل أن شرع في الارتياح أو الأسى على ننيحه تلك الحاجة، من المفيد أن نتذكر أن الاعتبارات المقدمة لدعم مقدماتها الحاسمة قد طرحت بطريقة إجمالية، ما يعني أن تشكيل حكم أكثر حرصا بخصوص هذه المسألة يستدعي البحث فيما إذا كان بالمقدور التفصيل في هذا المحط الإجمالي بطريقة تفضي إلى حاجة مفعلة. هذه هي المهمة التي نضطلع بأمرها في الجزء التالي.

6. التعاريف الإجرائية وجمل الرد

من المفيد أن نبدأ بفحص أكثر دقة لخصائص الجمل التأويلية. في أسط الحالات، نتخذ الجملة التأويلية شكل تعريف

صريح لتعسر نظرى يتم باستخدام تعبيرات ملاحظية، كما هو موضح في (3.2). هنا يكون الحد النظري غير ضروري بالمعنى التام الذى نعر إمكان حنبه فى صالح تعبىر ملاحطى، الذى بشكل المعرف. إذا تم تعريف كل أوليات T على هذا النحو، أمكن بالطبع صياغة T كلية عبر حدود ملاحطية، وسوف تكون مبادئها العامة فوائىن تربط بشكل مباشر أشاء ملاحطيه بأخرى ملاحطيه.

يصدق هذا خصوصا على أية نظرية تسوفى معايير النزعة الإحرائبه بالمعنى الضيق الذى يعر أن كل حد من حدود النظرية إنما بطرح عبر نعرىف صريح يحدد اسحابات ملاحظبه بعد توفرها سرطا ضروريا وكافيا، فى ظروف احباريه معينة، لنطبق هذا الحد. هب متلا أن الحد النظرى هو المحمول الأحادى (أو الحاصيه) 'Q'. سوف ينحد التعريف الإجرائى الصياغة التالية:

$$(6.1) \quad Qx \equiv (Cx \rightarrow Ex)$$

أى أن الشيء x نحنص (بالتعريف) بالحاصيه Q إذا وفقط إذا كان استيفاءه للشروط C كافيا لعرضه الأثر أو الاستجابه E . تعريف تولمن لوقع الطعام متال على ذلك: "حين نفر أن الفأر

يتوقع الطعام في الموضع L، فإن ما نعرفه هو أنه إذا (1) كان الفأر محروماً من الطعام، (2) وكان درّب على السير في الطريق P، (3) ووضع الآن في P، (4) الطريق P معلق، و(5) ثمة طرق تؤدي إلى مواضع بعيدة عن P يؤدي أحدها مباشرة إلى L؛ فسوف يسلك ذلك الفأر هذا الطريق¹⁹.

يمكن الحصول على الصياغة سالفة الذكر بالاستعاضة عن 'Q' في (6.1) بـ "الفأر x يتوقع طعاماً في الموضع L" وعن 'Cx' بـ "يصل الشروط 5_1 نسبة إلى x، وعن 'Ex' بـ "يسلك الدرب المؤدي مباشرة إلى L".

وكما أوضح كاربات فيما أصبح محاجة كلاسيكية²⁰، فإن هذه الطريقة في تعريف الحدود العلمية، بصرف النظر عن مدى بدايتها البادية، نواحه صعوبه كأداء. ذلك أن الحملة الشرطية (من قبيل المعرّف 6.1) لا سطل وفق السأويل الماصدفي السائد إلا حال صدق مقدمها وبطلان باليها. لذا فإن

¹⁹ E C Tolman, B F Ritchie, and D Kalish, "Studies in Spatial Learning I Orientation and the Short-Cut", *Journal of Experimental Psychology*, Vol 36 (1946), p 15

²⁰ R Carnap, "Testability and Meaning", *Philosophy of Science*, 1936-37, sec 4, reprinted as a monograph by Whitlock's Inc, New Haven, Conn. 1950 Excerpts are contained in H Feigl and M Scriven (eds.), *Readings in the Philosophy of Science* Appleton-Century-Crofts, N Y, 1953

أي شيء لا يسوفي الشروط الاخبارية C، بحسب بطل مقدمة
المعرف سبة إليه، يصدق عليه المعرفة كلية، ما يضمن
اختصاصه بالخاصية Q. في مثالنا، سوف يعين علنا أن نفر
سبة إلى أي فأر لم يتعرض للشروط الاحتمالية 5_1 أنه يتوقع
الطعام في L، بصرف النظر عن سلوكه.

الاعتبار التالي أحد سبل تجنب هذه الصعوبة. حين
نفول عن فأر ما إبه يتوقع الطعام في L، فإننا نريد أن نعزو إليه
وضعا أو نزوعا "بسبب" في الظروف 5_1 قيامه بالسر في
الطريق المؤدية مباشرة إلى L، ما يستوجب في التعريف
الإجرائي المناسب ربط E ناموسيا بـ C، أي باستخدام قوانين
عامة من النوع الذي يعبر عن ارتباطات سببية. بتعين إذن أن
يستعاض في (6.1) عن الحملة الماصدية "إدا..ف..²¹"، التي
لا تشترط ضرورة ناموسية أو منطقية في الارتباط، بمناظر
ناموسي أكثر إحكاما يمكن الإفصاح عنه بالتعبير "إدا..ف..

²¹ التعبير "إدا..ف.." بعد بالمعنى المنطقي ماصدفا لأنه يربط بين العنصر

بحسب يكون فهم صدق المركب الناتج محدد من قبل فهم صدق مكوناته راجع المقدمة،
الجزء الرابع (المحرر)

وفق ضروره سببية". غير أن فكرة الفانون والضرورة السببية أو الناموسنة المتشار إليها هنا ليس واضحة إلى حد يكفل جعل هذا السبيل في حل الإشكالية واعداء.

يفسح كارناب سبيلا مغايره نعبس في تحديد حزئي لمعنى 'Q'، عوضا عن تحديدها كلية، يسمى بجمل الرد. في أبسط الحالات، سوف يستعاض عن (6.1) **بجمل الرد الثنائية** التالية:

$$(6.2) Cx \rightarrow (Qx \equiv Ex)$$

اللي نفر أنه إذا خضع الشيء للشروط الاخباريه C، فإنه يختص بالخاصيه Q إذا وفقط إذا كان بعرض الاستجابة E. هنا لا نقصي اسنخدام الروابط الماصدقيه إلى النتائج غير المرغوب فيها سالفه الذكر. إذا لم تُجر على الشيء الشروط الاختباريه C، سوف يصدق عليه (6.2) بأسرها، لكن ذلك لا يسلرم اختصاصه أو عدم اختصاصه بـ Q. من جهة أخرى، في حين تطرح (6.1) تعريفا صريحا تاما لـ 'Q'، فإن (6.2) لا يحدد معنى 'Q'، إلا بشكل جزئي، فهي لا تشير إلا إلى الأشياء التي تستوفي الشروط C. وبخصوص سائر الأشياء، يترك معنى 'Q' غير محدد. فمثلا، لا تحدد (6.2) معنى "يوقع x طعاما في L"

إلا نسبة إلى الفئران التي نستوفي الشروط 1_5. السبر في الطريق L، نسبة إلى هذه الفئران، شرط ضروري وكاف لوقوع الطعام. أما بخصوص الفئران التي لا تستوفي تلك الشروط، فإن معنى "ينوقع x طعاما في L" يظل مفتوحا، وبالمقدور نحدد به بشكل أدق عبر المزيد من جمل الرد

وكما يوضح هذا المثال، تطرح جمل الرد طريقة دقيقة لصياغة حقوى التعاريف الإجرائية. إن هذا السبح يعبر مثل هذه التعاريف محدد تحديدات حريئة للمعنى، بحيث يعامل المفاهيم النظرية بوصفها "مفاهيم مفتوحة"، كما أن اسراط مجموعة من جمل الرد، يكمل بعضها البعض، للحد المعطى إنما يعكس توفر معايير إجرائية، لتطبيق معظم الحدود النظرية، بحلف باختلاف السياقات.

على ذلك، يجب أن نلاحظ أنه في حين يفر التحليل باستخدام جمل الرد أن الحدود النظرية لا تعرف بشكل تام بالإساره إلى ما يمكن ملاحظته، فإنه لا يثبت اسنحالة طرح تعريف صريح تام للحدود النظرية عبر حدود ملاحظة

7. في إمكان تعريف الحدود النظرية عبر مفردات ملاحظة

برئى عدد من الكتاب أنه حتى إذا كان بالإمكان من حيث المبدأ تجنب الحدود النظرية في صالح حدود ملاحظة، فإنه يسحيل عملاً، والأهم من ذلك سوف يكون من الضار بل من الحمق مبهناً، أن نقوم بذلك. هناك مثلاً حل تولمن وسس لإسكاليه هل السالف ذكرها في الجزء الخامس: إذا كان بمقدور المتعيرات النظرية الدخيلة دعم ارتباط آمن بين الظروف الملاحظة المدئية واللاحقة، فلماذا لا نفتصر على استخدام رابط وطفي واحد يربط مباشره بين الظروف الاندائية واللاحقة؟ يطرح سبنس المبرر التالي، ويتني عليه تولمن²²: الدالة الرياضية المتطلبة للتعبير عن الرابط سوف تكون معقدة إلى حد يحول دون تصورهما بسرنا؛ ليس بالمقدور الوصول إليها إلا بنفسيمها إلى سلسله من الارتباطات الدالية الأسط، تتوسطها متعيرات دخيلة. ينصح أن هذه المحاجة تعرو إلى طرح كينوبات نظرية لا تعبل الملاحظة دوراً عملياً مهما في

²² E C Toulman, "Operational Behaviorism and Current Trends in Psychology", *Proceedings of the 25th Anniversary Celebration of the Inauguration of Graduate Study*, Los Angeles, 1936, p 89, K W Spence, 'The Nature of Theory Construction in Contemporary Psychology', *Psychological Review*, Vol 51 (1944), p 65n Both of these papers are reprinted in Max, *op cit*

سياق اكتساف علاقات ارنهان متبادلة بين ما يمكن ملاحظته، وفيما أفترض، في سياق الفياح بالحسابات الفعلية المنطلبة لتفسير أو التنبؤ بحوادث محدده وفق تلك العلاقات المبادله.

نمة وظيفة مهمة مهجيا بعروها هل للكينونات الفرضية في ففرات مثيرة تتسمل عليها مقالته عن المعيراب الدحيلة في النظرية السلوكية المادية. المبدأ الحاسم في محابه يفر التالي: هب أننا لتفسير استحابة كائن ما في موقف بعينه، أو التنبؤ بها، فمنا بعزو قوة عادة محدده إليه في الوقت t من اسنحابه، وهي قوة تتنزل منزله الكينوبه الفرضية. تلك القوة، في نظريه هل، "مجرد تمتل كمي للآثار اللاحقة المتكررة" لحوادث ملاحظة سابقة لعبها ، مثل المتير الملاحظ الذي تم استقباله في مواقف تعلمبة قديمة العهد. سبجة لذلك، إذا لم تجب الإسارة إلى الكينونة الفرضية، قوة العادة، عبر ربط اسجابة الكائن الملاحظة في t مباشره بمثيراب استقبلها في وقت أسبق، سوف يكون قمنا بإبارة، كمحدد سببي للاستجابة، حوادث ملاحظة محددة لا وعود لها وقت حدوث الاستجابة. غير أن هل برفض هذه الفكرة، الني يبدو أنه لا ماص منها حال تحسب الكينونات

الفرصية الدخيلة، المتعلقة بفعل سببي يتم عبر فاصل رمبي؛ "إذ يصعب الاعتقاد في قدرة حذب ما، من قبيل مثير في موقف تعلمي غير عهده، على التأثير سببيا على الكائن غفب اختفائه بمدة طويلة. إنني أُنْفَقُ تماما مع لويس على أنه يوجب على كل العوامل، التي يزعم تأثيرها سببيا في تحديد أي حدث آخر، أن تكون حاضرة وقت حدوث الفعل السببي"²³. العامل الفرضي الممثل من قبل قوة العادة عند الكائن المعبي في الوقت t من استجابته إنما يسمح بتفسير ينسق مع هذا المبدأ.

رغم أن النتيجة التي يخلص إليها هذا النص تبدو ميبافيزيفية، فإن المفاد الأساسي من محاحة هلّ منهجي الطابع يبدو أن مثل هذه النظريات الرمكانبة المتصلة تسوغ نفسها لسببين على الأقل: فهي من جهة تحناز على بساطة صورية، يصعب في الوقت الراهن تحديد خصائصها، لكنها تتعكس ملا في إمكان توظيف الآلية الرياضية الفاعلة والممتازة في استنباط ارتباطات تفسيرية وتنبئية، ضمن وقائع بعينها، من مصادرات النظرية. ومن جهة أخرى، وكما ذكرنا في الجزء الثالث، يبدو

²³ Hull, *op cit*, p 285

أن تطور العلم الاميريقي السابق ببن أنه من المرحح اكشاف أن المبادئ النفسيربه والتنبئية، التي تفر ارباطات منعزله بين الحوادث الملاحظة (المفصلة زمكانيا)، محدوده المدى وتواجه مخنلف أنوع الاستثناءات. وغالبا ما يمكن نوطيف نظريات تركس إلى كبنوبات فرصبة من نفسير مثل هذه الاسساءاب عبر المصادرة على افراضات مناسبة تتعلق بالكبنوبات الفرضية المعنيه.

تمة محاجه عامة أخرى يتعين اعتبارها ها تم بطويرها بشكل أكثر دقة ووضوحا من قبل بريث وين. يفر زعم بريث ويت المركزي أنه "لا سبيل لعريف الحدود النظرية عبر خصائص ملاحطية حال استحالة تبني الطريه بحبت تطبق بشكل مناسب على مواقف حديدة"²⁴. يبدو أنه بالإمكان توضيح زعم بريث ويت عبر المثال النالى: هب أنه تم بأويل الحد "حراره" في إحدى مراحل البحث العلمى بالإشارة فحسب إلى قراءات الرمومتر الزئبفي. إذا اعتبر هذا المعبار الملاحطي تأويلا جزئيا فحسب (أي بوصفه شرطا كافيا لا ضروريا)، يظل

²⁴ R B Braithwaite, *Scientific Explanation* Cambridge University Press, Cambridge, England, 1953, p 76

بالإمكان إضافة المزيد من النمايلات الحرئية، عر الإساره إلى سسل مغابرة لفراءة درجات الحرارة يمكن اسأخدامها فوق نةطة غليان أو نحت نةطة نأمد الزئبق. من شأن هذا أن يسمح بنوسيع نطاق تطبيق فوايس من فبيل نلك اللى تربط حرارة الفصيب المعدى بطوله أو بمعاومه الكهربية، أو تربط بين حرارة الغاز وضغطه أو حجمه. في المقابل، لو اعتبر المعيار الأصلي نعريفا تاما، لما كانب النظرية قابلة لمثل هذا البسط، و سوف ببعبن علينا التألى عن التعريف الأصلي فى صالح تعريف آخر لا يتسق معه

غير أنه يصعب الحكم بفطرة هذه المحاآة على إآناأ ما أزعم إآناأه، عيب إفرار "أنه يتوجب على النظرية، اللى يؤمل بسطها مسأقبلا بأآأ أفسر أعميمات أأر عأأا من ألك البى صمأأ لأفسيرها، أن أأأ أأرا من الحرية للأأأ النظرية يفوق ألك الفأر الذى كان لياأ لها لو كانت هذه الأأأ مأأأ مأونأا منطفية شكلأ من كيبوأا ملاحظية"²⁵ (بأآأ أعرّف عر هذه الكينوأا). ألك أنه من البى أن أوسيع نطاق النظرية

²⁵ Braithwait, *op cit*, p 76

نظير تغيير تعريف بعض الحدود النظرية لا يعد خطأ منطقياً، كما أنه لا يعد أمراً صعباً أو غير ملائم للعالم، فالمشكلة المعنية إنما تواجه عالم المناهج أو المنطق الذي يتعى طرح "تحليل" أو "إعاده تشكيل منطوية" للتعبيرات الطارئة إبان سسط النظرية. في نوع الحالات التي يناقسها بريث ويت مثلاً، يمكن القيام بهذا الإجراء بطرق مختلفة — إما عبر إضافة المزيد من التآويلات الجريئة أو بإحداث تغيير تام في تعريف بعض التعبيرات النظرية. إذا رعم أن هذا النهج الأخير لا يشكل بسطاً للنظرية الأصلية، بل يعد تحولاً إلى نظرية جديدة، فإن هذا لا يثير تساؤلاً اصطلاحياً بقدر ما يثير اعتراضاً منهجياً

لم يفض المسح الذي قمنا به في هذا الجراء إلى حاجة حاسمه تدحض أو تثبت إمكان تعريف كل حدود العلم الامبيريقى النظرية تعريفاً صريحاً عبر مفردات ملاحظة صرفة. الواقع أننا وجدنا أسباباً وحيهة للريبة في قدرة أية محاجه على حسم هذه المسألة مرة ولأبد

8. الأنساق التأويلية

رأينا أن جمل الرد مناسب تماما تتشكل معايير إجراءات للتطبيق بوصفها تعريفات جزئية. غير أنها نعاني من صعوبات جادة بخصوص صورتها المنطقية، ما يعنى أنها تندو عاجرة عن طرح صياغة عامة مناسبة لطرح نأويلاب حرة للحدود النظرية. ثمة رؤية للنأويل أكثر عمومية يطرحها مفهوم كامبل للنظرية الفيزيائية يفر أنها تتكون من "فرض"، يمثل فى مجموعة من الجمل المستملة على حدود نظرية، فضلا عن "معجم" يربط هذه الحدود بمفاهيم الفيزياء التجريبية (التي يتعين أن نفوم بينها علائق متادله عر قوانين امبيريقية)²⁶. فى مقابل المفهوم التقليدي للمعجم، يفترض أن معجم كامبل يشتمل لا على تعاريف للحدود النظرية بل على جمل مفادها أن الحملة النظرية التى تكون من نوع بعينه تصدق إذا وفقط إذا صدقت حملة من نوع محدد نناظرها فى العلم الامبيريقى. عوضا عن طرح تعريفات، يفوم المعجم بطرح قواعد للترجمة، غير أنها قواعد جريئة، إذ لا يزعم وجوب تحديد ترجمة لكل جملة بطرية أو امبيريقية

²⁶ N R Campbell, *Physics, The Elements* Dover Press, N Y, 1920, ch VI

من البين أن الجمل في معجم كامبل لا تحتص بالخصائص التي تتميز بها جمل الرد؛ عبر أنه بالإمكان صياغتها في شكل فضايا تكافئية، بحيث يتم ربط جملة الحدود النظرية بحملة حدود ملاحظة عبر التعبير "إذا وفقط إذا". في سبافات أخرى، لا تبدو جمل الرد ولا الجمل الكافئية مناسبة و للحصول على مفهوم عام للتأويل الجري، سوف نبل بوصفها حملا بأولية أية جمل، نتخذ أى شكل منطقي، تشتمل على حدود نظرية وأخرى ملاحظة. وعلى اراض أن جمل العلم الامبيرفي النظرية والملاحظة نساغ ضمن مرجعة منطقية محددة، يمكن التعبير عن هذه الفكرة بشكل أكثر دقة وصراحة على النحو التالي:

(8.5) هب أن T نظرية محددة من قبل فئة من المصادر نساغ عبر المفردات النظرية V_T ، وأن V_B فئة أخرى من الحدود ما بعد المطفية، تسمى المفردات الأساسية، لا تتشارك مع V_T في أي حد. النسق التأويلي الخاص بـ T عبارة عن فئة J من الجمل (1) المتناهية، (2) المتسقة منطقيا مع T ، (3) غير المشتملة على أي حد ما بعد منطقي غير متضمن في V_T أو V_B

، (4) والمشتملة أساسا على كل عنصر في V_T و V_B ، أي أنها لا تنكافئ منطقيا مع فئة من الجمل لا يرد فيها بعض حدود V_T أو V_B إطلاقا.

لنطبق المفهوم المعرّف هنا على تحليل البتراريب العلمية، يتوجب بطبيعة الحال أن نفترض أن V_B تتكون من حدود سبق فهمها. قد تكون حدودا ملاحظية، بالمعنى الغامض نسبيا الذي سبق توصيحه، غير أنه لا مدعاة للإصرار على هذا الأمر

تشتمل الأساق التأويلية الني قمنا لتوبا بتعريفها كحالات خاصة على كل أنواع التأويل التي سبق اعتبارها، عيت التأويل عبر التعاريف الصريحة لتك الحدود النظرية، عبر سلسلة من حمل الرد، باستخدام جمل الترجمة التكافئية الخاصة بمعجم كامل، أو جمل الرد العامة التي تتخذ الصياغة (8.4). غير أنها تسمح أيضا بجمل تأويلية ذات صياغات متنوعة وعديدة.

تختص الأنساق التأويلية بدات الخاصين اللتين تميزان سلاسل جمل الرد عن سلاسل التعاريف: من جهة، لا يؤثر النسق التأويلي عادة إلا في التأويل الجري لحدود V_T ، أي أنه

لا يطرح (باستخدام حمل صريحة أو استلزام منطقي)، نسبة إلى كل حد في V_T ، شرطاً كافياً وضرورياً للتطبيق عبر V_B من جهة أخرى، عادة ما لا يكون النسق التأويلي، شأنه في ذلك شأن سلسلة جمل الرد الخاصه بحد نظري معطى، استراطي الطابع، بل سوف يستلزم جملاً بعينها تصاع عبر V_B وحدها، وهي جمل لا تعبر عن حقائق منطقية بل يمكن اعتبارها، وفق مفهومنا لـ V_B الذى يعر أنها تتكون من حدود امبيريقية سبق فهمها، إقرارات امبيريقية. هكذا نجد هنا أيضاً توليفاً بين الاستخدام الاستراطي والوصفي للغة.

لكننا فى معرض الحديث عن موضع ثالث للمقارنة، نقر أنه لا حاجة لقيام النسق التأويلي بطرح تأويل، تام أو ناقص، لكل حد من حدود V_T على حدة. في هذا الخصوص، يختلف النسق التأويلي عن كل من فئة التعاريف وفئة جمل الرد التي تقوم بطرح شرط ضرورى وشرط كاف (عادة ما يكون مغايراً) لكل حد. من الممكن ألا يقوم النسق التأويلي، نسبة إلى بعض أو حتى كل حدود V_T ، بطرح شرط ضروري أو كاف عبر V_B ، وقد لا يطرح أباً منهما بدلاً من ذلك، قد يقوم بتحديد شروط

كافية أو ضرورية، باستخدام جمل صريحة أو باستلزام منطقي، بواسطة V_B نسبة فحسب إلى تعبيرات نشتمل على عدة حدود من V_T ، على طريقة معجم كامبل مثلاً.

كفاعة عامة إذن، حين يتم تأويل النظرية T بنسق بأويلي J ، لا يكون بالإمكان الاستغناء عن الحدود النظرية بالمعنى الضيق الذي يقر إمكان الخلاص منها في كل السياقات، في صالح تعبيرات معرفة نركن إلى V_B أيضا فإنه ليس بالمقدور الاستغناء عنها بالمعنى الذي يقر أن J توفر نسبة لكل حملة H ، يمكن صياغتها عبر V_T ، "ترجمة" نركن إلى V_B ، أي جملة O تصاغ عبر V_B بحيث يمكن أن نستنبط منطقيا النكافؤ $H \equiv O$ من J .

9. إمكان الإحلال الوظيفي للحدود النظرية

سوف تتعين الوظيفة النسفية للنظرية T ، وفق تأويلها بالنسق التأويلي J ، في التمكين من القيام باستدلالات من "المعطيات"، باستخدام V_B ، على جمل (تنبئية مثلاً) أخرى عبر V_B .

[هنا يفهم همبل بتبيان كيف أن أية أنسفة يتم إحرازها ضمن حمل V_B يمكن إنجازها عبر T حال وصلها بـ J . يمكن إذن اعتبار مصادرات T مقترنة بحمل J مصادرات السق T' الذي بسمبه همبل النظرية المؤولة. مفردات هذه النظرية T_V هو مجموع V_T و V_B . أيضا يثبت همبل أن T' تحقق دات الارتباطات الاستنباطية ضمن حمل V_B التي نحققها فئة كل مبرهنات T' المعبر عنها بـ V_B وحدها — وهو يسميها فئة مبرهنات V_B أو مترتبات V_B الخاصة بـ T' ، وبميزها بالرمز O_T . هكذا تكون الأنسفة الاستنباطية المحففة عبر T' هي داتها المحففة عبر O_T التي لا تشتمل على أية حدود نظرية، وهكذا ينسب الاستعناء عن الحدود النظرية] (المحرر).

غير أن O_T عادة ما تكون فئة مطولة لامنهاية من الجمل، ما يثير السؤال ما إذا كان هناك نهج يمكن تطبيقه بوجه عام لجعلها سهلة التناول وواضحة عبر صياعنها في شكل نسق نظري مؤكسم T'_B ، يمكن صباغته عبر V_B وحدها. نبين مرهبة في المنطق الصوري، تم إثباتها في الآوبة الأخيرة من قبل

كريح أنه بالمقدور القيام بهذه المهمة، سريطة أن تستوفي T' شروطا متحررة لا تصع أية قيود²⁷.

على هذا النحو، تتعلق مبرهنه كريح بشكل وثيق بالإنشكاليات المنارة من قبل "مفارقة التنظير" التي سلف صياعدها في الحرة الخامس بتعبيرات عامضة نسبيا. تلمح هذه المبرهنه بطريقة ما للكيفية التي يمكن عبرها طرح تأويل دقيق وواضح وإثبات محكم للمفارقة. إنها تثبت أنه بالنسبة لكل نظرية T' تستخدم حدودا نظرية وحدودا عبر نظرية سبق فهمها، ثمة سق بطري مؤكسم T'_B ، حال استيفاء شروط عادة ما يتم استيفاؤها، لا توظف سوى حدود غير نظرية في T' ، رغم أنها تكافأ وطيعيا مع T' ، بمعنى أنها تقر، ضمن الجمل التي يمكن التعبير عنها بالمفردات غير النظرية، ذات الارتباطات الاسنباطية التي تقرها T' .

أيتوح إدن على العلم الامبيرقي أن يفيد من هذا النهج وبفوم بالاستعاضة عن كل بطرياته، التي تشتمل على فروض

²⁷ ممة نفاس عبر اصطلاحى لهذه السائح تحده في

W. Cragg, "Replacement of Auxiliary Expressions", *Philosophical Review*, Vol 65 (1956), pp 38-55

تتعلق بكيونات فرضيه، بأنساق نظرية مكافئة وظيفيا يعتر عنها فصرا بحدود تحثار على مرجعية ملاحطية مباشرة أو حدود مفهومة بشكل واضح؟ في ضوء مقاصد النظرير العلمي، ثمة أسباب بحتم الإححام عن القيام بذلك.

بدايه، دعونا نعتبر الحصاص العامة التي تتميز بها مبرهنة كريح. إذا غصصنا الطرف عن الكثير من التفاصيل الدقيقه، يمكن وصف الإحراء على النحو التالي: يقوم كريح عر إحراء سائي بترتيب كل مبرهنات V_B الخاصة بـ T' في سلسلة بعبيها. غير أن هذه السلسلة مطولة أكثر مما يجب، فهي تشتمل، نسه إلى كل جملة ترد فيها، على كل مكافئاتها المنطوية (طالما كان بالإمكان التعبير عنها في V_B). يصف كريح طريقه لحذف كبير من هذه التكرارات، رعم أنها لا تتخلص منها جميعا. تطل السلسلة الباقية إذن مستمله على كل من مبرهنات V_B الخاصة بـ T' في إحدى صياعاتها المتكافئة على أقل تقدير. وأحيرا، تصح كل جمل السلسلة الباقية مصادرات في T'_B . هكذا تم "أكسمة" فئة مبرهنات V_B الخاصه بـ T' في T'_B بطريفة عريية، أى بحعل كل حملة في الفئة، في إحدى صياعاتها المتكافئة

العديدة، مصادرة في T'_B ؛ في حين أن المفصود عادة من أكسمة أية فئة من الجمل هو احتيار فئة صغيرة واعتبارها مصادرات يمكن منها اشتقاق الباقي استنباطيا بوصفها مبرهنات. على هذا النحو تعبر الأكسمة عن محتوى الفئة الكلية "في شكل أوضح رياضيا أو سيكولوجيا"²⁸. وعلى اعتبار أن نهج كريج يتضمن عمليا كل الحمل الى بتوجب أكسمتها في مصادرات T'_B ، فإن T'_B كما يقر كريج نفسه "تحقق في التبسيط أو في طرح تبصر أصيل"²⁹.

فقد البساطه الناجم عن إغفال حدود T' النظرية ينعكس في كون فئة المصادرات التي يسمح بها بهج كريج نسبة إلى T'_B لا متناهية دائما. حتى في حالة وجود فئة حرجية متناهية من O_T من مبرهنات V_B الخاصة بـ T' يمكن منها اشتقاق سائر الجمل، فإن نهج كريج لا يفضي إلى تلك الفئة. هذا هو نظير قابلية نهجه للتطبيق الشامل.

ثمة حالات لا يكون فيها وجود عدد لا متناه من المصادرات تريدا، خصوصا حين يتم تحديد المصادرات عبر

²⁸ Craig, *op cit*, p 49

²⁹ *Ibid*

صباغات مادتيه، أي عبر استرطاط مفادها أن أية جملة ننخد إحدى صيغ محدده مناهبه العدد (مثل 'x=x') تعد مبدأ. غير أن طريعه كرج في تحديد مبادئ أو مصادر T_B أعقد بكنير، كما أن السق الناتج سوف يكون عمليا غير قابل للمداوله، ناهيك عن عوز الخصوبة والإحيائية المحفزة الناجم عن حذف المفاهيم والفروض النظرية. لهذا السبب، فإن هذا السهج في الاسعاء عن النعبيرات النظرية لا يلائم العلم الامبيريفي إطلاقا

حسن يزعم ممارسو العلم أو علماء المبهج أن الحدود النظرية الخاصة بنظرية ما تشير إلى كيونات توجد بداتها، تشكّل مكوبات أو جوانب أساسية من العالم الذي نعيش فيه، يبدو من الواضح، بصرف النظر عن أي دلالات يقومون بعروها إلى هذا الرعم، أن الأسباب التي يكون بمقدورهم طرحها لدعمه إنما تكمن في حقيقة قيام تلك الحدود بدور في نظرية معررة تنجز أكسمة استقرائية واستنطائية مقتررة لفئة كبيرة من الحقائق العينية والنعيميات الامبيريفية، وبعد خصه على نحو يشجع الإحياء بالمزيد من الأسئلة والفروض الجديدة. وطالما تم اعتبار الملاءمة للنعيميات الاستقرائية، صحة التفتير والخصوبة

المحفره، خصائص جوهريه للنظريه العلميه، لا سبيل للاستعاضة عن الحدود النظرية بحدود ملاحظية صرفة دون العرض لحسارة فادحة. الواقع أن معصلة المطر، التي نخلص إلى إقرار حلاف ذلك، إنما تركز إلى مقدمة باطلة.

ماهية القانون الطبيعي³⁰

آرثر باب

ولد آرثر باب في ربورج، سويسرا، وهاجر إلى نيويورك عام 1941 حصل على درجه الدكتوراه في الفلسفة من جامعة كولمبيا عام 1946، وقد درّس في سنكاغو، كليه المدينة في نيويورك، اوريجان، فينيا، لنهاى، وبنل، حيث مكث إلى أن وافيه المنحة عام 1959 بعد أن بلغ من العمر ثمانية وبلاتس عاما صم أسهر مؤلفاته، بالإضافة إلى كتابه "مقدمة لفلسفه العلم"³¹، يذكر "عناصر الفلسفة التحليلية" و"علم الدلالة والحقيقة الضرورية".

³⁰ Reprinted with permission of the publisher from *An Introduction to the Philosophy of Science* pp 289-597, by Arthur Pap Copyright © 1962 by The Free Press of Glencoe

³¹ سبق أن قمت بترجمة هذا الكتاب (هد الطبع الدار الجماهيرية)، وهو كتاب عادة في الأهمية سنة إلى حفل فلسفه العلوم، آيه ذلك أن ددلي تباير يسهل نه، دل بفرده

1. التعميمات شبه القانونية والاستدلال الفرضي

حاولنا في الفصلين الأخيرين توصيح المعنى السببي والفرصي للتعبير "إذا..ف..". لقد جادلنا وفق رؤية هيوم بأن الاعتراف في قيام قانون عارض منطقياً، إحصائياً كان أم خلاف ذلك، متضمن في اشتراطات فرضية مل "لو تم الضغط على عود نقاب (بقدر كاف من القوة) لاستعل". ولكن ما الرابط السرطي الذي يفره التعميم شبه القانوني، أى ما التعميم الذي يعد حال صدقه قانوناً طبيعياً؟ لقد بينا أن الاستلزام السببي أقوى من الاستلزام المادى، كونه يفر استحالة أنواع بعيها من الحوادث، ولا يقصر فحسب على إنكار وقوعها الفعلي. من جهة أخرى، فإنه أضعف من الاستلزام التحليلي. هل نستطيع إصدار المزيد من الأحكام الإيجابية عن المعايير المتعلقة بالتعبير "مستحيل (سببياً)" و"ضرورى (سببياً)"؟

عن سائر قائمه المراجع الرئيسة التي يوضح بالإطلاع عليها في البيلوграфия التي يحتم
بها هذه المحاربات [المترحم]

تمة معيار بدهي لشبه القانونيه، يقترحه كل من نيلسون جودمان وردرك تشرم³²، يفر أن التعميم شبه القانوني يدعم الاسدلالات العرصية. هبني رأيت فاكهة تتببه البرنقال تم اوضح لى أن مذاقها يشبه مذاق اليوسفى. إذا أصر صديقي على أنها برنقاله، سوف يكون من حفي أن أحتج بقولى "لو كانت برنقاله لكان مذاقها شبيها بمذاق البرنقال". فى مل هذه الحالة لا نسلم بأنه قد تم دحض التعميم "كل البرنقال طعمه شبيه بطعم البرنقال"، فتقننا فيه تحعلنا برفض وصف مالا يكون طعمه كطعم البرنقال بأنه "برنقال". لكن هذا لا يعنى أن هذا التعميم محرد تحليل لمعى "برنقاله"، طالما كان بمفدورا أن نتصور ظروفنا نسلم فيها بأن ما يكون مذاقه مخالفا لمذاق معظم الأشياء النى سميها برنقالا بظل برنقالا. إذا كان الشيء الموضوع أمامنا لا يتخطى فحسب الفحوص البصرية واللمسية للبرنقاليه، يل ينمو في شجرة برنقال ويحتار على داب التركيب الداخلي

³²N Goodman, "The Problem of Counterfactuals", reprinted in L. Linsky,

ed, *Semantics and the Philosophy of Language* (Urbana, Ill., University of Illinois Press, 1952), and in N. Goodman, *Fact, Fiction, and Forecast* (Cambridge Harvard University Press, 1955), R. Chisholm "The Contrary-to-Fact-Conditional", reprinted in H. Feigl and W. Sellars *Readings in Philosophical Analysis* (N.Y., Appleton-Century-Crofts, Inc., 1949)

للفواكه التي تنمو على أشجار الدرنال، فد نمل إلى النسللم
نوحود برنفال "غرنب الأطوار" لا بشبه مذافه طعم البرنفال
"السوى".

وعلى نحو مامل، لو صادف الفرنائى جسما يىءو أنه
يسقط حره، لك تسارعه مضطرب بشكل بى، لقال "لا بمكن
لهذا الجسم أن يكون ساقطا بحرية؛ لو كان يسقط بحرية ءون أن
يتأثر بشيء سوى الجاءبية، لسقط بنسارع باب، ولءا يتعن أن
تكون هناك فوى ءحيلة سببت انحرافه عى القانون". غير أن هءا
لا عنى أنه يعنر قانون الأجسام الساقطة بحرية جملة ءحلبله
يسحل ءحضها، أى لا يعنبره عرفا للعبير "الجسم الساقط
بحرية". إءا كان باءنا يشعر بالمسؤوليه، سوف يىء عن مءل
هذه الفوى ءحيلة، وإءا فشل فى العنور علبها، ءء يفوم بفءص
الحسم المعنى ليعرف ما إءا كان يءلف فى ءوانب مءلفة عى
الأجسام ءاب السلوك الجاءبى السوى. وبصرف النظر عما يسفر
عه فءصه، سوف يتوجب علبه إما ءءلى عى قانون الأجسام
الساقطة بحرية فى صيغنه الراهنة أو ءءلى عى مباءئ فبزيائيه
أءرى مءصمنة فىه منطفيا. إءا كان الحسم ءو السلوك العرنب

يحتص بالخاصية الكيميائية P منلا، وكان اكتشف أن أجساما أخرى تختص بها تسقط على نحو مماثل، وقد بقصر الباحثمحل الفانون على "كل الأجسام الساقطة بحرية تسقط بتسارع ثابت إلا إذا اختص بالخاصية P "، رغم أنه من شأن هذا أن يرغمه على الخلّي عن المبدأ الغابه في الأهمية الذي يعر أن أبر الجاذبية على الجسم لا يرهن بأي من خصائصه الجوهرية (بل ينوقف فحسب عل موضعه). أما إذا لم يكتشف وجود أي فارق متعلق، فلا سبيل لإنفاذ الفانون حنى بشكل حرئي عبر بقيده مده، ما لم يتم التخلي عن أحد الافتراضين التاليين: (1) الساعات التي استخدمت في قياس الفترات الزمنية المناظرة للمواضع المتلاحقة دقيقة. قد يفترض أن قوى مجهولة قامت بالتأثير على الساعة، لا على الجسم الساقط (رغم أن مصادرة السببية لن تسمح له بقبول هذا الافتراض الأدهوکی إلا حال النمكن من تحديد القوى "الدخيلة" المصادر عليها)؛ (2) أدوات القياس التي استخدمت في قياس الإراحة لم تكن دقيقة، بل تمددت وانكمنت، بسبب قوى مجهولة مؤقنا، بحيث ظهر أن ثمة اضطرابا في التسارع. معاد كل هذا هو أنه لا يمكن الحفاظ على الفانون

الفيربايى (منال "كل الأجسام السافطه بحريه تسقط تحت تأثير الجاذبية وحدها")، خلافا للجمله التحليليه البسيطة، فى وجه السواهد التي تبدو مناوئة إلا بالتخلى عن افراضات وافعية أخرى متضمنة منطقيا في عملية احباره.

من جهة أخرى، إذا قلت، بعد فحص محتويات محفظتى، "كل العملات الموجودة فيها من فئة الخمس سنتات"، فإن هذه الجملة، على صياغتها الكلبة، عاجره عن دعم الاستراط الفرصى "لو كاب هذه العملة، التي تبدو من فئة العشر سنتات، فى محفظتي، لكانت من فئة الخمس سنتات". سوف يكون أكثر طبيعية أن نشق الاشتراط الفرصى "لو كانت تلك العملة فى محفظتي، لما كانت كل العملات الموجودة فيها من فئة الخمس سنتات". وبالمثل، رغم أنه قد يصدق الحكم بأن كل من سبق له الجلوس على مفعد حديقة بعينه، مد إنسانها، أحمر الشعر، لن يكون بمقدور هذه الجملة الكلية الصادفة دعم الانستراط الفرصى "لو جلس كاري جرات على ذلك المفعد، لكان أحمر الشعر". الاستدلال المناسب هنا إما يفر "لو سبق لكاري جرات الجلوس عليه، لما كان كل من سبق له الجلوس عليه أحمر الشعر".

رغم أن هذا الاختبار البدهي لشبه القانونية، في مقابل التعميمات العارضة، يبدو معيارا سليما، إلا أنه لا يكفي لتحليل هذا المفهوم. فكما رأينا، نمة حاجة إلى اللجوء إلى مفهوم "التعميم شبه القانوني" لنوضح كيفية إقرار الاستراط العرصى بشكل مضمون، ولذا سوف ندور في حلقة مفرعة لو قمنا بتعريف التعميم شبه القانوني بأنه حملة كلية تضمن استراطا فرضيا. أيضا، فإن قبحه بوصفه معيارا للنمیز موضع شك. وفق المنطق الاستنباطي، تستلزم المقدمتان "كل A هو B" و "x يخص B" النتيجة "x تحتص بـB" في كل الحالات. افترض أن التواست التي يمكن أن يستعاض بها عن x مجرد علامات إشارية (أى تعبيرات "تسير" إلى الشيء دون أن تحدد خصائصه، كما في قولنا "ذلك الشيء"، و"الشيء الموجود في المكان كذا في الوقت كذا"). في هذه الحالة نحد أن المفدمه الكلية "كل A هو B"، شبه قانونية كانت أم عارضة، تسلمر أية جملة نتخذ الصياغة "إذا كان x بحتص بـ A، فإنه يحتص بـB". إذا افترضنا أن كل A هو B، سوف يكون بمقدورنا سربر "لو كانت

x يحتص بـA، لاحصت بـB ضروره"، حيث تنسب الضرورة إلى ذلك الافتراض.

هكذا، إذا تأكدت من أن كل العملات الموجودة في جيبى الآن من فئة الخمس سنتات، سوف يكون لدي مبرر كاف للحكم "لو كان ذلك الشيء، بصرف النظر عن ماهيته، في جيبى الآن، لكان من فئة الخمس سنتات". ذلك أن الصيغة الافتراضية إما تفر هنا ارتباطا ضروريا مطعيا بين "كل العملات الموجودة في جيبى الآن من فئة الخمس سنتات" و"إذا كان هذا الشيء عملة في حسي الآن، فإنه من فئة الخمس سنتات". الحكم بأنه "لو كان هذه العملة ذات فئة العشر سنتات في جيبى الآن، لكانت من فئة الخمس سنتات" يبدو مفارقا لأنني بتحديد الشيء بأنه عملة من فئة العشر سنتات أكون استبعدت كونه عملة من فئة الخمس سنتات، بحيث يفتح حكمي أنه بوضع عملة من فئة العشر سنتات في جيبى يمكن جعلها من فئة الخمس سنتات.

في المقابل، حين أستق .. لما كانت كل العملات الموجودة في جيبى الآن من فئة الخمس سنتات"، أكون أسقطت من حسابى افراض أن العملات الموجودة الآن في جيبى من

فئة الخمس سباب، واستدللت بشكل استنباطي ضروري على ان "العملات الموجودة في جيبى الآن ليست كلها من فئة الخمس سننات" من الفضية المفترضة "هذه عملة من فئة العشر سننات موجودة الآن فى جيبى". على ذلك، يظل لدى ذات المبرر للاشتراط العرضى "لو كان ذلك الكلب عداها، لكانت هناك غدقان ليست سوداء" أو "لو كان القمر كوكبا، لكان هناك كوكب واحد على الأقل لا يدور في مدار اهليلجي حول الشمس". في كل حاله من حالات استتاق سلب الفضية الكلية "كل A هو B" من اشتراط فرضى، بتم ضمنا تحديد موضع الاشتراط عبر ذكر خاصية تتضارب مع B. إذا سمح بذلك، سوف تعجز الجملة الكلية عن دعم الاستدلال العرضى، عارضا كان أم شبه قانوني. يسري هذا بماما على مثال كاري جرانت؛ لو تمت الإشارة إليه دون ذكر خصائصه، ودون افتراض أى من معارفنا عنه (مثال أنه لم يسبق له الجلوس على مقعد الحديقة المعنى)، وإذا تأكدنا من أن كل من سبق له الجلوس عليه كان أحمر الشعر، لكان حكمنا بأنه "لو كان هذا الرجل واحدا ممن سبق لهم الجلوس على ذلك المقعد، لكان أحمر الشعر" حكما مبررا إلى حد كاف.

إن هذا الحكم لا يبدو مفارقيا إلا نسبة لمن يعرف أن سعر كاري جرانيت ليس أحمر، فمثل هذا الشخص سوف يستغرب اقتراح قيام رابط سببي بين لون شعر المرء وحلوسه مصادفة على أحد مفاعد حديفه ما.

2. معيار الشمولية المطلقة

الدين يعتقدون في إمكان التعبير عن العلم الاميريقي بلغة تحتار على بنية "البرنكييا ماسماتيك"، اللغة النسيئية الحالية من تعبيرات الجهة، من قبيل "ضروري" و"مسنحيل" (مع إمكان صباغه مفهوم النتيجة المنطقية في اللغة الماورائية)، يواجهون امنحانا عسيرا لإيمانهم. يتوجب عليهم بطبيعة الحال التسليم باسئحاله المماهاة بين النعميمات شبه القانونيه والاستلرامات الصورية التركيبية، كما أنه ليس بمقدورهم اللجوء إلى المعيار الذي انتفداه لنونا. لقد افترح بعض منهم الشمولية المطلقة علامة فارقة لشبه القانونيه، بدلالة سوف نعى بتوضيحها.

نمة جمل كلية تشير بشكل جوهري إلى شيء بعينه أو موضع أو زمان محدد. هكذا يشير الأملة الني ناقشناها حيب سنطال جيب بعينه، ورمز بعينه، ومفعد حديفه بعينه. سوف

نسمي التعبيرات التي تحدد أشياء أو أرمئة أو أماكن بعينها "ثوابت فردية"، ونسمي المحاميل التي نتحدث عن نوعيات أو علاقات متوارة لا نفل التعريف عبر الثوابت الفردية "شاملة إطلاقاً" (من المناسب أن نجعل هذا التعبير يسرى حتى على المحدّثات المادية). برد الثابت الفردي بشكل جوهري في الجملة إذا كان يرد فيها ولا سبيل لترجمتها إلى جملة لا يرد فيها دون تغيير معناها. ومقاربة أولية، قد نعرف التعميم منه الفانونى بأنه جملة تركيبية كلية لا يرد فيها أى ثابت فردي بشكل جوهري. قد يتصادف أن ننجح في حذف الثوابت الفردية من صياغة حدث عارض، لأننا قد نجد الشيء العيني المعني قابلاً لأن يوصف على نحو متفرد بمحاميل شاملة إطلاقاً. وهكذا إذا تصادف أن مقعد الحديفة في متالنا هو المقعد الوحيد الذي سبق أن جلس عليه سكبر أرد، لاستطعنا صياغة الاسلرام الصوري الصحيح التالي: "بالنسبة لكل x ، إذا كان هناك وقت يجلس فيه x على مقعد حديفة يجلس عليه سكبر أرد، فإن x أحمر الشعر".³³

³³ المقصود من "جلس" هنا هو الصبغة عبر الرمنه لمصدر "الجلس"، لا

الرمس المصارع للفعل

إلا أن، فإن هذا لا يستلزم أن الثابت الفردي "مقعد تلك الحديقة" يرد شكل ليس جوهرًا في الجملة الأصلية، كون الفرص الذي حذف هذا الثالث وفه فرضًا وأقبحًا وليس تحليليًا. إذا كان صادقًا، سوف تحصل الجملة الشاملة إطلاقًا على ذات العبء الصدقي التي تحتازها الجملة الأصلية، لكنها لن تحصل على ذات المعنى.

من جهة أخرى، نمة جمل كثيرة تشتمل بشكل جوهري على ثوابت فردية بوجوب أن نعتبرها شبه قانونية: (1) "كل قطع الثلج الموجودة الآن في هذه النلاجة سوف تصبح ماء حين ينم تسخينها"، (2) "كل الكواكب تدور بشكل مستمر حول الشمس في أفلاك اهليلجية"، (3) "كل الأجسام الساقطة بحرية قرب الأرض تسقط بسارع ثابت قدره 32 قدمًا/الثانية"، (4) "كل الأجسام الساقطة بحرية قرب الأرض تسقط بذات النسارع، مهما كانت كتلتها". في حالة (1) و (4)، بالمقدور إجراء استنتاج من جمل كلية لا تشتمل على ثوابت فردية، ما جعل البعض يفسر تعريف الجملة شبه القانونية الأساسية بأنها جملة كلية تركيبية لا يرد فيها أي ثابت فردي بشكل جوهري، وتعريف

الحملة شبه القانونيه المشتقة بأنها جملة يمكن اشتقاقها من جملة شبه قانونية أساسية رغم اشتغالها على نواتج فردية بشكل جوهري. ويعبر ما يسمى بقوانين الحركة وقانون الجاذبية الكلية، التي يمكن منها اشتقاق (4) بسهولة، أمثلة بنية على الحمل شبه القانونية الأساسية بالمعنى المعرف؛ ذلك أنها لا تذكر أي جسم بعينه ولا تشير إلى أية مواضع أو أزمنة محددة. ولكن لسوء الحظ، فإن (2) و (3) ليسا قصايا منه قانونية إطلاقاً وفق ذلك المعيار. قانون كبلر الأول في حركة الكواكب ليس مستلماً من مبادئ الميكانيكا النيوتونية إلا بافتراض أن حركة الكوكب المعني محددة من قبل الجاذبية الشمسية فقط. بيد أنه لا سبيل لتبرير هذا الافتراض إلا عبر معلومات تتعلق بالكتل النسبية خاصة الأحسام في المجموعة الشمسية. الواقع أن كون كل الكواكب الأخرى صغيرة نسبته إلى كتلة الشمس هو الذي مكّن من إغفال النجاذب التناقلي الذي يمارسه، ومن صياغة إشكالية حركة الكواكب بوصفها "إشكالية جسمين". في غياب مقدمات عينية تتعلق بأجسام المجموعة الشمسية، لا سبيل لاشتقاق (2) من مبادئ الميكانيكا النيوتونية العامة. وعلى نحو

مماثل، فإن استفاق (3) استنباطا من النظرية النيوتونية يتطلب درايه بكتلة الأرض ونصف قطرها.

نمة صعوبة أخرى تواجه هذا النهج تتعبن في أنه لا يتضح أن محامبل ومحددات مصادرات النظرية المؤولة اميريفيا شاملة إطلاقا. فالطول يعرف إجرائيا عبر المر القياسي، والوزن عبر الجرام القياسي. صحيح أنه يمكن لوحداث القياس هذه أن تستنسخ بشكل غير محدود بمجرد تعريف علاقة تساوي مناسبة، ولكن ما لم يحدّد حسم بعينه بوصفه "الـ" متر القياسي أو "الـ" جرام القياسي، لن يكون بالمقدور إحراء أي قياس. قد يقال إنه بالرغم من وجوب اختيار جسم بعينه بطريقة عرفية بوصفه الجسم القياسي، يمكن للعالم الاختيار بيه وبين أي حسم آخر يساويه في الحواب المتعلقة. على هذا النحو نستطيع الدفاع عن الزعم بأن "أحمر" محمول شامل إطلاقا رعم وحب أن يعرف إنباريا عبر جسم أحمر أو آخر بعينه، إذ لا ضرورة في أن سير إلى هذا الجسم الأحمر عوضا عن ذلك. غير أن هذا التصور لا يبدو ملائما نسبة إلى مفهوم في الميكانيكا غابة في الأساسيه، أعني مفهوم نسق العطالة

المصنم في فانون العطالة. يفر هذا القانون أن أي جسم معزول إما أن يكون ساكنا أو محركا حركة منتظمة نسبة إلى أي نسق عطالي. أيضا فإنه متضمن في مصادرة النظرية النسبية الخاصة التي تقر أن سرعة الضوء (في الفراغ) ثابتة في كل أنساق العطالة. ولكن ما المقصود بنسق العطالة؟ يمكن اعنار ثلاثة نعاريف:

(1) هو النسق الذي يكون الشيء المعزول نسبة إليه ساكنا أو متحركا بشكل منظم. يقر الاعتراض البين على هذا التعريف أنه بجعل قانون العطالة بحصيلا حاصلًا غير مجد. غير أنه يستخدم بالفعل استحداما تنبئيا وتفسيريا مهما، فهو يستخدم مثلا صحة قانون الأجسام الساقطة بحرية وقانون القوى المستقلة في اسنفاق مسار القطع المكافئ للمعدوفات.

(2) هو النسق الذي لا تستبان فيه قوى العطالة، مثل قوى الفصور الدائي. غير أن اخنبار قوة العطالة (أ) اخنبار داني؛ الشد والدفع المختبرين من قبل الملاحظ، كالجذب المركزي الحارجي في العربات الدوارة او الاندفاع الأمامي الذي يحس به المسافر حين تخفف الحافلة من سرعتها فجأة. لذا فإن

المفهوم المعروف (النسق العطالي) لن يكون قابلاً للتطبيق على أنساق مادية في الفضاء الخارجي، رغم أن قوانين الحركة نوظف بالفعل في علم الفلك. أو (ب) يمكن لقوى العطالة أن تتسق بالتعريف حين لا تلائم التسارعات الملاحظة الصياغة $F=m.a$ ، على افتراض أن ما يسميه نيوتن القوى "المؤيرة" وحدها التي تحدث أثراً. فإذا دحرجت كرة على أرضية فطار محرك، في اتجاه حركته، وتوقف الفطار فجأة في ذات اللحظة، سوف يفوق تسارع الكرة الناتج نسبة القوة المؤثرة إلى كتلتها، وبدا يمكن اشتقاق فعل قوة عطالة (تعزى إلى تسارع الفطار المطلق) بمجرد قياس مجموع تسارع الكرة وملاحظة أنه يفوق الحد المستلزم من قبل قانون الحركة. من البين أن هذا التعريف لقوة العطالة، ومن ثم نعرف بسق العطالة، لا يتسق والمحتوى الواقعي الذي تستمل عليه قوانين الحركة.

(3) هو النسق الذي لا يتسارع نسبة إلى النجوم الثابتة. هذا هو التعريف الوحيد الذي يستخدمه علماء الفيزياء عادة، ربما لكونه "إجرائياً" ولأنه يحول دون جعل قوانين الحركة مجرد تحصيلات حاصله عبر مجدية. ولكن على اعتبار أن

"النجوم الباسه" ثابت فردي، فإن "نسق العطالة" ليس إذا محمولاً شاملاً إطلاقاً، ما يحول دون كون قوانين الحركة، فضلاً عن قانون ثابت سرعة الضوء في كل أنساق العطالة، قوانين أساسية.

3. الثبوت الزمني

نزع النقص أن القانون الطبيعي يعد في أساسه علاقة دالة تظل ثابتة عبر الزمن. "انظام الطبيعة" لا يعني وفق هذه الرؤيه سوى وجود علاقات دالية بسيطة نسبياً بين متغيرات مادية لا تتغير بمرور الزمن. وبالطبع، فإن نوع القانون الذي يقترح هذا التعريف هو القانون التفاضلي في الفيزياء الرباضية. هكذا يعبر قانون الجاذبية عن تسارع الجسم المنجذب على أنه داله للمسافة التي تفصله عن الجسم الجاذب: $d^2r/dt^2 = f(r)$. غير أنه لا يتضح لماذا يتوجب اعتبار سوت العلاقات الدالية زمنياً أكثر أهميه من ثبوته المكاني. حين يصاغ القانون بشكل مكتمل، نجد أنه يعر: بالنسبة لأي جسم x يدور حول جسم مركزي كتلته M ولا يتأثر إلا بجاذبية هذا الجسم المركزي، بصرف النظر عن مكان حدوث هذه الحركة الدائرية، وبالنسبة لأي زمن t ، إذا

كانت d^2r/dt^2 تحدد تسارع الجاذبية في x في t ، وكانت r المسافة المتزامنة الفاصلة بين x والحسم المركزي، فإن $d^2r/dt^2 = G \cdot M/r^2$. بعبير المنطق الرمزي، المكتم الكلي الذي يحكم متغير الزمن ليس أقل أساسية لصياغة القانون بشكل تام من المكتم الكمي الذي يحكم متغير المكان. خلافا لذلك، قد نتساءل ما إذا كان المفصود من هذه العلاقة الدالية هو أن تسري فحسب على المجموعة الشمسية أو أي منطقه بعيها من الفضاء.

أيضا يجادل البعض بأن جزءا من تعريف "قانون طبيعي" يعبر عن عدم كون متغير الزمن أحد العوامل التي ترتفع بها الدالة، وفي أنه لا يرد "صراحة" في المعادلة، رغم أنه قد يرد "ضمنا" عبر تعاريف بعض المشتقات (مثل التسارع). في مثالنا، يتطلب حساب تسارع الكوكب في لحظة ما الدراية بقيمة v في تلك اللحظة، دون أن يتطلب الدراية بالزمن. غير أن متغير الزمن يرد صراحة في معادلات الحركة المشتقة من المعادلات التفاضلية عبر حساب التكامل. اعتبر أبسط حالات المعادلات التفاضلية في الديناميكا الكلاسيكية، أعني المعادلة التي تصف حركة سقوط تحت تأثير قوة ثابتة:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = g$$

بالتكامل نحصل على:

$$\frac{dz}{dt} = g \cdot t + v_1$$

حيث v_1 السرعة في اللحظة المبدئية t_1 (التي قد تكون صفرا أو لا تكون)، و t الزمن الذي مر. ثم أن:

$$z = \frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_1 t + z_1$$

(إذا كان الموضع المبدئي z_1 صفرا، وكان الجسم يسقط من حال سكون، فإن المعادلة ترد إلى $z = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ ، قابون جاليليو، حيث g ثابت يحدد بالقياس). يبدو أنه لا مبرر لسحب لقب "قانون طبيعي" من معادلات الحركة التكاملية وقصر استعماله على حالة معادلات الحركة التفاضلية.

يشكل معيار ماكسويل مفاربه أكثر ملاءمة، كونه يعامل المكان والزمان على حد سواء فيما يتعلق بانتظام قوانين الطبيعة المصادر عليه. يتعين وفق هذا المعيار أن تخلو المعادلات التي تعبر عن قوانين الطبيعة من أي ذكر "صريح"

لإحداثيات الرمان والمكان. من البين أن "إحداثيات" هنا تعني قيما محددة للمتغيرات x, y, z, t ، ولا تعني المتغيرات نفسها. وفق هذا، لا يعدو معيار ماكسويل أن يكون معيار الشمولية المطلقة مطبفا على قوانين الفيزياء الدالية. إذا توجب ألا يرد بشكل أساسي أي ثبات فردي في الجملة تشبه القانونية، سوف يتم استبعاد أوصاف إحداثيات المواضع الزمكانية المعنية. مما سبق قوله في القسم الأول من هذا الفصل، يلزم أن الفواين الأساسية وحدها التي تستوفي هذا الشرط.

الاحتمال والمنطق الاستقرائي³⁴

ردولف كارناب

³⁴ From Rudolf Carnap, *Logical Foundations of Probability* (Chicago Univ. Of Chicago Press, 1951), pp 1-3, 20-27, 163, 207-208 221-226 Copyright 1950 by The University of Chicago

ردولف كاربات واحد من السحساب الفاديه في حلفه فينا وفي حركه "الامسريعه المنطقيه"، وقد درّس في حامعاب فينا وبراع. في الولاباب المنحده قام بالندريس في حامعه سكاكو من عام 1936 إلى عام 1953، ومد معادريه إياها طل ندرس في حامعه كاليفورنيا بلوس أكلوس صمص أعماله المهمه العديده بذكر: الراكب المنطقيه في اللغة، مقدمه لعلم الدلاله، اسس المنطق الرمزي الرباصي، المعنى والصروره، وأسس الاحتمال المنطقيه، الدى بعفس منه هذه النصوص

The Logical Syntax of Language, Introduction to Semantics,
Foundations of Logic and Mathematics, and Logical Foundations of
Probability

1. إشكالية هذا الكتاب

نتحدد المهام الأساسية التي يصطلع بها هذا الكتاب في البالي:

- (1) بوصيح، وإن أمكن تعريف، مفهوم درجة التديل.
 - (2) بوضيح طبيعه الاستقراء المنطقي، وإن أمكن تسكل نسق في المنطق الاستقراضي.
 - (3) بوضيح مفهوم الاحتمال.
- عابنا في هذا المقام تفتصر على القليل من التوضبات التمهديه لهذه الإشكاليات.

1) حين يتحدث العالم من جهة عن قانون أو نظرية علمية أو جملة مفردة (تنبؤ على سبيل المثال)، ويحدث من أخرى عن معطيات ملاحظة أو نتائج تجريبية بعينها، عالما ما بفهم علاقة بين هذه الحدود في صياغات من القليل التالي:

* "تدل هذه التجربة مرة أخرى على النظرية T" (أو " تطرح شاهدا جديدا على).

* "تم التبدل على نظرية الكم عبر المعطيات التجريبية المعروفة في الوقت الراهن بدرجة تفوق تلك التي توفرت منذ عشرين عاما" (أو " عررت بدرجة أقوى بـ ").

عادة ما تكون مفاهيم الشاهد والتدليل أو درجة التدليل المستخدمة في مثل هذه الجمل مفهومة تماما نسبة إلى مفاصلنا العملية البسيطة، غير أنها لا تكاد تحظى بتوضيح مدقق فيه. تتمثل إحدى المهام الرئيسية التي يقوم بها هذا الكتاب في جعل هذا الضرب من المفاهيم دقيقا وفي طرح نظرية في العلاقات المطبقة القائمة بين أي فرض وأي قدر من المعلومات التي يمكن اعتبارها شواهد عليه.

(2) إشكالية الاستقراء بمعناها الأكثر عمومية، المتعلقة بالفروض التي قد تتخذ أي شكل، لا الشكل الكلي وحده، تعد أساسا ذات الإشكالية الخاصة بالعلاقة القائمة بين الفرض وما يشهد عليه من أدلة. لهذا، فإن طرح تعريف لمفهوم درجة الدليل، وتشكيل نظرية منطقية تهص على هذا المفهوم، يمكنان من تشكيل نسق في المنطق الاستقرائي. وفي حين يمكن اعتبار المنطق الاستنباطي نظرية مؤسسة على مفهوم التالية المنطقية أو العابلية للاستنباط، يعد المنطق الاستقرائي نظرية مؤسسة على ما يمكن تسميته بدرجة العابلية للاستقراء، أي درجة الدليل.

(3) وعلى نحو مماثل، تتعلق إشكالية الاحتمال بشكل ونبق بإشكالية الاستقراء. هذا أمر غالبا ما يلحظ على الأقل بخصوص أحد مختلف مناهج الاحتمال، الذي يسمى أحيانا بالاحتمال الاستقرائي، التي عرفها التطور التاريخي. سوف نحاول تبيان ضرورة الفياض بالنمير أساسا بين مفهومين للاحتمال: المفهوم الذي يعرف عبر التكرار والمطبق امبيريفيا، والمفهوم المنطقي الذي يتماهى مع درجة الدليل. سوف يؤكد

أهمية كل من هذين المفهومين نسبه إلى نهج العلم، بحيث يتم حسم الجدل بينهما.

هكذا يستبان أن واحدة من المشاكل (أو عديدا منها) التي نرغب في مقارنتها تختص بالنالي. ثمة حد بعينه ("شاهد ندليلي"، "درجة دليل"، "احتمال") يستخدم في اللغة والعلم، دون أن يتم تعريفه بشكل دقيق، نتعي محاولة استخدامه بطريقة أكثر دقة أو نفوم بتحليله.

تكن مهمة التحليل في جعل مفهوم غير دقيق مفهوما دقيقا أو في استدال الناني بالأول. سمي المفهوم المعطى (أو الحد المستخدم في الإشارة إليه) بالمحلل، وسمي المفهوم الدقيق المفترح بديلا عه (أو الحد المستخدم في الإشارة إليه) بالمحلل. فد ينتمي المحلل إلى اللغة اليومية أو إلى مرحلة سابقة من مراحل تطور لغة العلم. يتعين أن يطرح المحلل عبر قواعد صريحة نفن استخدامه، كأن يطرح باستخدام تعريف نفوم بدمجه في نسق مشكل بطريقه جيدة من المفاهيم العلمية المنطق_رياضية أو الامبيريقية.

II. التدليل، والاحتمال، والاستقراء

إجراء التدليل إجراء مركب يتكون من مكونات تنسب إلى أنواع مختلفة. في هذا الكتاب نعني فحسب بما يمكن تسميته بالحانب المنطقي من التدليل، أي علاقات منطقية محددة تقوم بين الحمل (أو القضايا المعبر عنها بهذه الجمل) وضمن ممارسة عملية التدليل. بعد تلك العلاقات مهمة نسبة إلى العالم في الموقف النالي على سبيل المثال. حين يرغب في اختار فرص بعينه h فإنه يقوم بصياغة نتائج ملاحظاته، أو بصياغة الفدر الأكبر مما يتعلق منها بفرضه، في شكل تقرير e ، الذي يعد جملة طويلة. بعد ذلك يحاول أن يحدد ما إذا كان الشاهد الملاحظي e يدل على h ، وإلى أي حد يدل عليه. نحن معنيون فحسب بهذا السؤال الأخير. سوف نعتبره سؤالاً منطقياً لأنه ما أن تتم صياغة العرض باستخدام h وتتم صياغة أي شاهد ممكن عبر e ، الذي قد لا يكون الشاهد الذي تمت ملاحظته بالفعل، حتى يتم حل إشكالية ما إذا كانت e تدل على h ، وإلى أي حد تدل عليه، بتحليل منطقي لكل من h و e وللعلاقة القائمة بينهما. ليس هذا سؤالاً متعلقاً بالحقائق، فالإجابة عنه لا ترتفع بالدراية بأي منها. صحيح أن الجملتين h و e ، موضع الدراسة، تتسيران

إلى حقائق، ولكن بالحصول عليهما، لا ينطلب السؤال سالف الذكر سوى القدرة على فهمهما، أي استيعاب معانيهما، فضلا عن إثبات علاقات مؤسسة على تلك المعاني. ولأننا نعتبر علم الدلالة بطريه في معاني تعبيرات اللغة، خصوصا جملها (وهذا أمر سوف يعنى بتوصيحه لاحقا)، يمكن اعتبار العلاقات القائمة بين e و h التى سوف نقوم بدراستها علاقات دلالية، وهذا هو سبب تسميننا إياها بمفاهيم التدليل الدلالية.

اعتبرت مسألة التدليل الني نتاولها هنا مسألة منطقية. ولدرء سوء الفهم، يتعين أن نندي التحفظ التالي. السؤال المطروح لا ينتمي إلى المنطق الاستنباطي بل إلى المنطق الاستقرائي. نمة قاسم مشترك بين هذين الفرعين من فروع المنطق يتعين في أن حل إشكالياتهما لا يرتهن بالحصول على معرفة وافية، بل يتوقف فحسب على تحليل المعنى، ما يستلزم أن كليهما ينمي إلى علم الدلالة. يمكن هذا التمايل من توضيح الخصائص المنطقية التي تختص بها علاقات التدليل بالقياس على علاقة نألفها في المنطق الاستنباطي، عنيت العلاقة التى نسميها في مصطلحنا "الاستلزام_L" (الاستلزام المنطقي في

مقابل الاستلزام المادي) القائمة بين h و e . هب أن e تفر أن "كل إنسان فان، وسفراط إسان"، وأن h تفر أن "سفراط فان". لكل من h و e محتوى واقعي بيد أن إجابة السؤال ما إذا كانت e تستلزم L الفرض h لا تسدعي أية معرفة واقعية، فنحن لا نحتاج إلى معرفة قيم صدق أي منهما، ولا للدراية بما إذا كان هناك من يعتد في صدق e ووفق أي أساس يعتد في صحتها. كل ما هو متطلب هنا هو القيام بتحليل منطقي لمعاني تيك الجملتين. وعلى نحو مماثل، فإن الإجابة عن السؤال المتعلق بفدر التدليل الذي تحصل عليه h من التقرير الملاحظي e ، وهو سؤال منطقي رغم أنه استقرائي لا استنباطي، لا تسدعي أية معرفة بقيم صدق أي منهما ولا بما إذا كان هناك من يعتد في صحة e وما إذا كان اعتقاده ذاك يركن إلى ملاحظانه أو خيالاته أو أي مصدر آخر. كل ما نحتاجه هو تحليل منطقي لمعاني تيك الجملتين. هذا هو علة تسمية هذه الإشكالية بإشكالية التدليل المنطقي أو الدلالية، تميزا لهما عما يمكن تسميته بإشكاليات التدليل المنهجية (مثال إشكالية تحديد أفضل طريقة لاستحداث أداة ما ولاستخدامها في تجارب بعينها،

ولإحراء هذه الحارب وملاحظة النتائج ، بعية القيام باختبار تجريبي لفرض معطى).

سوف نتاول في هذا الكتاب ثلاثة مفاهيم دلالية للتدليل. ورغم أن الشاهد في التطبيق سالف الذكر عادة ما يكون تقريراً ملاحظياً، والعرض قانوناً أو نبؤاً، لن يفصر مفهومنا للدليل على أي محتوى أو شكل يعينه بتحدده نانك الحملتان.

(1) المفهوم التصنيفي للتدليل: هو العلاقة القائمة بين الجملتين h و e التي تصاغ عادة عبر حمل تتخذ أحد الأشكال التالية:

" h مدلل عليها من قبل e ".

" h معرزة من قبل e ".

"توفر e بعض الشواهد (الإيجابية) على h ".

" e شاهد يدعم افتراض h ".

كما في الأمثلة السابقة، e هنا تقرير ملاحظي، لكنها قد تشير أيضاً إلى أوصاف بعيها لم تسبق لنا الدراية بها بل تم افتراضها، وقد تستمل على قوانين مفترضة. من جهة أخرى، عادة ما تكون h حملة تتعلق بوضع نجهله (نبؤ مثلاً)، وقد

نكون قانونا أو أى فرص آخر. من البين أن هذا المفهوم للتدليل علاقة بين جملتين وليس حاصية أحادية يختص بها إحداهما وببَيّن أيضا أن الصباغات المألوفة التي تقتصر على ذكر إحداهما صياغات مختزلة، على اعتبار أن الشاهد مفهوم صمنا. فحين يقول عالم الفيرياء "هذا الفرض مدلل عليه بشكل قوى"، فإنه يعني " وفق شواهد النتائج الملاحظة المعروفة لدبا الآن".

(2) المفهوم المقارني للتدليل: الذي يعبر عنه عادة

حمل تتخذ الأشكال التالية، أو أشكالا مشابهة لها:

(أ) "درجة تدليل e على h تفوق درجة تدليل e' على h' ".

لدبا هنا علاقة ثلاثية تقوم بين أربع جمل. ويمكن أيضا اعتبارها علاقة تنائية تقوم بين زوجين من الجمل، h, e و h', e' . بوجه عام ثمة اختلاف بين الفرضين h, h' وكذا الشأن بين الشاهدين e, e' . قد يرتاب بعض العلماء في إمكان هذا النوع العام من المقارنة وقد يفومون بقصر تطبيق المفهوم المقاربي على المواقف التي تتم فيها مفارنه شاهدين نسبة إلى ذات الفرض (المثال ب أدناه)، أو تلك التي يتم فيها اختار فرضين

نسبة إلى ذات الشاهد (المثال ج). في هدين الحاليين يكون المفهوم المعارف علفة ثلاثة تقوم بين ثلاث حمل.

(ب) "تحصل نظرية النسبية العامة اليوم على دعم من التحارب المعملية والملاحظات الفلكية أقوى من الدعم الذي حصلت عليه عام 1905".

(ج) "الظواهر النصرية التي توفرت لدى علماء الفيزياء في القرن التاسع عشر تفسر بشكل أكثر ملاءمة بنظرية الضوء الموحبة منها من النظرية الجسيمية؛ بكلمات أخرى، توفر تلك الظواهر دعماً للنظرية الأولى أقوى من ذلك الذي توفره للنظرية النانية"

(3) المفهوم الكمي (أو القياسي) للتدليل: هو مفهوم درجة التدليل. يبدو أن نمة اخلافا في الرأي حول ما إذا كان مثل هذا المفهوم يرد في أحاديث العلماء العادية، أي ما إذا كانوا يحددون قيمة عددية لعدد الدعم الذي يحصل عليه الفرض من الشواهد الملاحظة، أو ما إذا كانوا يستخدمون فحسب مفهومي التدليل النصيفي والمقارني. في نفاشا الراهن، نعلق الحكم بخصوص الإجابة عن هذه المسألة؛ وحتى إذا اتضح صحة

الرأي الأخير، سوف يكون من المجدي أن نحاول إيجاد محلّ كمي للمحلّ المفاربي في نفائنا العام لمختلف الحلول، سوف نستخدم الرمز 'c' للإشارة إلى درجة التّذليل. هكذا يعنى من 'c(h,e) = q' "درجة التّذليل على h نسبة إلى e هي q"، حيث h و e جمل، و r عدد حقيقي يقع بين 0_1

تاريخ بطرية الاحتمال هو تاريخ محاولات العثور على تحليل لمفهوم الاحتمال قبل العلمي. عدد الحلول التي تم اقتراحها لهذه الإشكالية عبر تطورها التاريخي عدد هائل، ورغم أن الفروق بينها طفيفة في بعض الأحيان، إلا أنها بيّنة في حالات كثيرة

لن نخوض في هذا المقام في نفائ هذه المفاهيم المختلفة. في حين أن اهتمام أصحاب وقراء مختلف نظريات الاحتمال يتركز عادة على الحلول المقترحة فيها، سوف نفوم بفحص تلك النظريات من منظور مختلف. لن نتساءل عن الحل الذي يطرحه المنظر بل عن الإشكاليات التي رامت نظريته حلها؛ بكلمات أخرى، لن نتساءل عن المحلّ المقترح بل عن هوية المفاهيم المحلّة.

قد يبدو أن هذا السؤال تعوزه القيمة، كما أنه من البين أن محلّ كل نظرية في الاحتمال هو المفهوم قبل العلمي للاحتمال، أي المعنى الذي تستخدم كلمة "احتمال" وفقه في اللغة قبل العلمية. ولكن، هل يصح افتراض وجود معنى واحد يرتبط بتلك الكلمة في استخدامها العادي، وعلى أقل تدبير، هل لنا أن نفرض أن هناك معنى واحدا تم اختياره من قبل أصحاب النظريات الاحتمالية بوصفه محلّاً؟ حين ننظر إلى الصياغات التي يطرحونها لتوضيح أي معاني "الاحتمال" يرغبون في اعتباره محلّاً، نعثر على عبارات تختلف باختلاف التعبيرات التالية: "درجة الاعتقاد"، "الجدارة بالثقة"، "درجة التوقع المعقول"، "درجة الإمكان"، "درجة مفارقة اليقين"، "درجة الصدق الجزئي"، "الكرار السببي"، وكثير غيرها. إن هذه التعددية في العبارات إنما تبين أن افتراض أي محلّ مفرد مشترك بين مختلف المنظرين افتراض باطل. قد نعزى حتى بالذهاب إلى حد الرعم بأنهم لا يتعاملون مع مفهوم واحد بل مع دزينة أو أكثر من المفاهيم المتباينة. على ذلك، أعتقد أن هذه التعددية مضلّة، إذ يبدو لي أن عدد المحلّات في مختلف نظريات

الاحتمال ليس واحدا ولا يقترب من الدزبة، وأنا إذا أغفلنا التتويجات الطفيفة واهتمما بالحوانب الجوهرية، سوف يجد عددا قليلا منها، اتنين على وجه الضبط. فى النفاسات التالية سوف نستخدم علامات سفلية كي يميز بين هذين المعنيين الأساسيين للفظـة "احتمال" اللدين تركز إليهما معظم نظريات الاحتمال المختلفة. وبالطبع فإننا نميز بين محلّين لا بين محتلف المحلّات التي تطرحها تلك البطريات منكثرة العدد. والمفهومان هما (1) احتمال₁ = درجة التدليل؛ (2) احتمال₂ = التكرار النسبي على المدى الطويل. إذا تحرينا الدقه سوف نقول إن هناك مجموعتين من المفاهيم، إذ ثمة نسبة لكل من (1) و (2) مفاهيم تصنيفية ومقارنة وكمية. على ذلك، لنا أن نعمل ها هذه التمييزات

الموضوع الأساسي في هذا الكتاب هو إشكالية تحليل

الاحتمال₁.

تسكل نظرية مفهوم درجة الاحتمال، المؤسسة على تعريف صريح لهذا المفهوم، منطقا استقرائيا كميا. إذا لم نتمكن من إيجاد محلّ كمى ملائم، أو إذا استحال كما يرعم البعض

إيجاده، سوف نضطلع بمهمة تعريف محلّ مفارني التي تعد أقل طموحا، والتي تقضي إلى منطق استقرائي مقارني...

سق أن قمنا ببوضيح الاحتمال¹، المفهوم المنطقي للاحتتمال، بوصفه محلّلا، وسوف نقوم بتحليله لاحقا بشكل مفصل. وفي هذا المقام نطرح بعض التوضيحات للاحتتمال²، بغية توضيح ما يميزه عن الاحتمال¹. بطريقة الاحتمال² نفسها تتجاوز نطاق هذا الكتاب، الذي يتعامل مع المنطق الاستقرائي، ويُعنى من ثم بالاحتمال¹. تمة مثال تقليدي على استخدام لفظة "الاحتمال" بمعنى الاحتمال² يور:

"احتمال الحصول على أص من هذا النرد هو $1/6$ ".

نسير مثل هذه الجملة إلى خاصيتين (أو فئتين) من الحوادث: الفئة الإتسارية K ، فئة رميات النرد هنا، والحاصية المحددة M ، حاصبة الرمي باي نرد ينتج عنه أص. نقر الجملة أن احتمال² M نسبة إلى K هو $1/6$ ، وهي تختبر بالبحث الإحصائي. نقوم برمي النرد المعني عددا كافيا من المرات n ، كما نقوم بعد الرميات m التي تنتج أصا. إذا كان التكرار النسبي m/n للآصات في هذه السلسلة قريبا إلى حد كاف من $1/6$ ، نقر أن

الجملة قد نم الدليل عليها. بالمقابل، تفهم الجملة على اعتبار أنها تتنبأ بأن التكرار النسبي للأصوات الناتجة عن رمى هذا النرد مرات عديدة سوف يكون $1/6$. إننا نسلم بأن هذه الصياغة ليست دقيقة، غير أننا لا نقصد منها سوى التلميح إلى معنى "الاحتمال²" بوصفه محللاً. أما جعل هذا المفهوم دقيقاً، فمهمة يقوم بها المحلل

نحدد الآن باختصار خصائص بعض أهم أنواع الاستدلال الاستقرائي، دون أن نزعم أن القائمة التالية جامعة أو أنه لا تداخل بين عناصرها.

(1) الاستدلال المباشر، أي الاستدلال من المجموعة الكلية على العينة. (يسمى أيضاً بالاستدلال الداخلي أو الهابط). قد نفر e تكرار الخاصية M في المجموعة الكلية، وكذا شأن h نسبة إلى عينة تلك المجموعة.

(2) الاستدلال التنبئي، أي الاستدلال من عينة على أخرى منفصلة عنها. (يسمى أيضاً بالاستدلال الخارجي). هذا هو أكثر أنواع الاستدلال الاستقرائي أهمية وأساسية الحالة

الخاصة التي تكون فيها العينة الثانية مكونة من فرد واحد يسمى باستدلال التنبؤ المفرد

(3) الاستدلال عبر المناظرة، الاستدلال من فرد على آخر وفق ما يُعرف من أوجه تشابه بينهما.

(4) الاستدلال المعكوس، الاستدلال من عينة على المجموع الكلية. (يسمى أيضا بالاستدلال الصاعد). يحتاز هذا النوع من الاستدلال على أهمية في سياق المسائل الإحصائية العملية، تفوق تلك التي يحظى بها الاستدلال المباشر، لأننا عادة ما نحصل على معلومات إحصائية تقتصر على العينات التي تمت ملاحظتها بالفعل، بحيث تعوزنا المعلومات الخاصة بالمجموع الكلية. لقد حظيت مناهج الاستدلال المعكوس (الذي يسمى غالبا "الاحتمال المعكوس") بكثير من الاهتمام في المرحلة الكلاسيكية وفي علم الإحصاء الحديث. الواقع أن الجدل حول سلامة المناهج التقليدية الخاصة بالاستدلال المعكوس قد شكلت أحد العوامل الرئيسة في تطور مناهج الإحصاء الحديثة.

(5) الاستدلال الكلي، الاستدلال من العينة على فرض ذي صياغة كلية. غالبا ما يعد هذا الاستدلال أكثر أنواع الاستدلال

الاستقرائي أهمية. الواقع أن لفظه "الاستقراء" غالبا ما اقتصر تطبيقها في الماضي على الاستقراء الكلي

III. في إمكان منطق استقرائي كمي

حين يتم تطوير المنطق الاستقرائي الكمي — وهذه مهمة لم يعدر لها أن تتجر حتى الآن، ولا يعد هذا الكتاب بإنجازها — بحيث يكون قابلا للتطبيق على لغة الفيزياء بأسرها، سوف يمكن من تحديد على سبيل المثال أي زوج من زوجين من الفروض الفيزيائية يحصل على دعم أقوى من قِبل فئة من النتائج الملاحظة، ما يجعله مفضلا من وجهة نظر استقرائية. بشير المرتابون في إمكان تشكيل منطق استقرائي كمي، وهم محقون في هذا الخصوص، إلى حفيظة مفادها تنوع العوامل المؤثرة في اختيار الفرض في ممارسة العلم. بعض منهم يعتقد أن تحديد هذا التخير عر صيع حسابية بسيطة لا يفل منافاة للعقل عن تحديد، نسبة لكل رجل، المرأة التي يناسبه رواحها.

وللحكم على مثل هذه الاعتراضات، من المهم أن نعي بشكل واضح طبيعة المنطق الاستقرائي والمهمة المنوطة به، خصوصا ما يميزه عن نهج الاستقراء. لبس بمقدور المسبق

الاستقرائي بمفرده تحديد أفضل الفروض نسبة إلى الشاهد المتوفر، إذا كنا نعني بأفضل الفروض ذلك الذي سوف يفضلته العلماء المهرة. السبب في ذلك إما يرجع إلى أن هذا التفضيل تحكمه عوامل متعددة ومنوعة ، بعض منها منطقية، منهجية، وأخرى دانية صرفة

إذا أفكر عالم الفيزياء فيما إذا كان يتعين عليه قبول فرص عوضا عن آخر وفق نتائج ملاحظة متوفرة لديه، لن يكون في وسعه أن يفيد من المنطق الاستقرائي إلا في جانب واحد. اذسوف يحدد له هذا المنطق ما إذا كان الشاهد يدعم فرصا بدرجة أقوى من تلك التي يدعم وقفها فرضا آخر. إذا كان المنطق الذي يستخدمه ليس مفارنيا فحسب، بل كمي أيضا، سوف يحدد له درجة دعم الملاحظات لفرضه، أى درجة الاستلزام المنطقي الجزئي. غير أنه لن يفيد من هذا العون إلا إذا كان المنطق الاستقرائي قد بلغ حدا كافيا من التطور وتمكن هو من إيجاد سبيل لتطبيقه على حالته الخاصة. أما سائر العوامل الأخرى التي تؤثر في تفكيره وقرراه فتتجاوز نطاق المنطق الاستقرائي

حتى لو قمنا بالتمييز بشكل واضح بين العوامل المنطقية والعوامل المنهجية وغير المنطقية، تظل مسألة إمكان منطق استقرائي كمي بعبدة عن الحسم. تبقى على وجه الخصوص إيتكالينان: هل يتسنى فباس العوامل المنطقية، بحيث تحدد لها قيم عددية؟ وهل بالمقدور إيجاد دالة رياضية لتلك القيم العددية تمثل درجة التدليل، أي محلل كمي ملائم للاحتمال¹؟

يرتاب بعض الطلاب أو يقولون باستحالة طرح تقويم عددي حتى لبعض العوامل التي اعتبرناها منطقية. دعونا نفحص كمثال العوامل التي يذكرها كرابس في هذا الخصوص. بعد أن يناقش الاستدلال بالمماظرة تراه يتحدث عن الاستدلال الاستقرائي الكلي الذي يفضي من الخبرة إلى فوائين، أي إلى جمل دات محتوى كلي. يقول كرابس، "وعلى وجه الخصوص، إذا احتارت جملة من هذا القبيل على نتائج شديدة التنوع وقابلة للتطبيق على حالات كبيرة، بحيث يكون بالمقدور تأسيسها على نتائج خبرائية متنوعة، لا سبيل لإنكار استحالة وجود مقياس عددي لهذا التأسيس أو التدليل الامبيريفي. البحث عن قيمة عددية لمدى يفينية قانون العطالة أو مبدأ بقاء الطاقة مثلا

محاولة واهمة، وكذا الشأن نسبة إلى المبرهنات الأقل دعماً في هذا المجال أو في غيره من المجالات. بالنسبة إلى أية جملة من هذا القبيل، بسط ودقة بدليلها الامبريقي، وغنى وخصوبة تطبيقتها، ولبس أقل من ذلك الاعراضات ضدها التي يتعين الخلاص منها عبر افتراسات جديدة، كل هذه عوامل تحول من حيث المبدأ دون أي تحديد عددي³⁵. بقوله "من حيث المبدأ" يشير كرايس إلى رعيته في إغفال الصعوبات الناجمة عن حفيظة كون مباحج المنطق الاسفرائي لم تتطور بعد إلى حد كاف، وحفيظة أن النعقد الهائل الذي ينطوي عليه الموقف نسبة إلى أمثلته قد يحول عملنا دون القيام بتحديد عددي. من العوامل التي يأتي على ذكرها، تعد النالية عوامل ذات طبيعة منطوية: بسط المواد الملاحطية المدللة؛ وتنوعها؛ ودقتها؛ وبسط (وتنوع ودقة) المواد الداخضة في النص المفتبس، يصدر كرايس حكيمين مختلفين بخصوص هذه العوامل. إنه يفر (1) أن "كل هذه عوامل تحول من حيث المبدأ دون أي تحديد عددي"، ولذا (2) "بسنحيل وجود معياس عددي لهذا التذليل الامبيرقي".

³⁵ J. von Kries, *Die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung* Freiburg 1886, pp 25 f

يتوجب التسليم بالصعوبة الكأداء المتضمنه فى (2) والتى سوف نعنى بنفاسها فى الجراء التالى. عىر أن الإقرار (1) ىبدو مفاجئاً، إذ أن نفعىضه ىبدو واضحا، كما أنه مفترض بوجه شبه عام من قبل العلماء.

دعونا نعم بفحص ذقىق لهذا الحكم. إبه ىعر أنه ىستحىل من حىث المبدأ أأءىء قىمة عءءىة للعوامل التى ىأتى على ذكرها — بصرف النظر عن مسألة ما إذا كان بالمفءور اسنءءام هذه العىم فى أأءىء ءرءة التءلىل. هناك بءاءة إىىكالبة إحصاء عءء الحالات التءلىلئے والءاحضة للقرض الكلى المعطى h فى التفرىر الملاحظى المعطى e . صأىح أن ثمة صعوبات منضمنة فى هذه المسألة، رءم أنه كىبرا ما ىعض الطرف عنها. عادة ما ىفترض، سة إلى كل المفاصد العملئے، وضوح ما ىعنى بالحالة المءللة والحالة الءاحضة لـ h ، ومن ثم ما ىعنىه عءء هذه الحالات فى e . لءء كان كارل همبل، فى بءنه فى مفهوء التءلىل، أول من نبه إلى الصعوبات المتضمنة فى تلك المفاهىم بالمفءور إىءاز الصعوبة الأساسية على النحو التالى. هب أن h

هو القانون البسيط $(Mx \rightarrow M'x)$ ،³⁶ حيث "M"، "M'"، "M" محامبل جزيئية. قد تكون h ملا كل البجع أبيض. هب أيضا أن s هي "Mb . M'b" (أي أن "b بجعة بيضاء"). يبدو من الطبيعي اعتبار s حالة تدليلية على القانون h. افترض الآن أن r هي "Mc . M'c" ("c بجعة ليست ببضاء"). سوف يبدو من الطبيعي أيضا أن نعتبر r حالة داحضة لـ h. افترض الآن أن s' نفر "Md . M'd" ("d ليست بجعة ولا بيضاء"). قد نغرى في الداية باعتبار d حالة غير متعلفه بالفرض h، أي بإقرار أنها ليست حالة تدليلية عليه ولا داحضة له. ولكن، هب أن h' قانون يقر $(M'x \rightarrow Mx)$ ("كل ما ليس بأبيض ليس بجعة"). علاقة s' بـ h' هي ذات علاقة s بـ h، ولذا تعد d حالة تدليلية على h'. أن h متكافئة لـ L مع h'، فهما يعبران عن ذات القانون ولا يحلفان إلا من حيث الصياغة، ما يوجب على كل ملاحظة أن تدل عليهما معا أو لا تدل على أي منهما. من جهة أخرى، إذا

³⁶ [أي هذه الصياغة، (x) يعني "نصرف النظر عما تكويه x"، أو بإحار "بالنسبة لكل x" هكذا نقر الصياغة في محملها "بالنسبة لكل x، إذا كانت x بحص بالحاصنة M، فإن x بحص بالحاصنة M"، أو "كل M هو M" الزمر 'ـ' يعني "ليس"] (المحرر)

وحد من برغب في احتبار القانون الذي يفر أن كل البجع ابيض
شبنأ ليس بعجة، حجرا مثلا، ولاحظ أنه رمادي اللون ولبس
أبيض، من المرجح أن يتردد في اعتبار ملاحظته حالة تدليلية
على ذلك القانون. نقرح تسمية هذا اللغز بمفارقة همبل، كونه
أول من أشار إليه وطرح حلا له

يفترح همبل تعريفا لمفهوم الحالة الدليلية يفترض أنه
بتعلب على هذه الصعوبة فصلا عن صعوبات متضمنة آخر.
حتى لو كانت هناك شكوك حول كون تعريف همبل أضيق مما
يجب، يبدو من المعقول أن يفترض إمكان الحصول على
تعريف ملائم. وعلى أي حال، لم بيسن بعد لأحد طرح أبة
أسباب تسوع الحكم باستحالة إيجاد مثل هذا التعريف من حبت
المبدأ. على العكس تماما، ينحدث العلماء تكرارا عن عدد
الحالات الندلبلية. قد يقول عالم الفيزياء على سبيل المثال إنه قام
بإجراء ست بجارب لاختبار قانون بعييه وأنه اكتشف أنه مدلل
عليه من فل جميع الحالات الست. أيضا فد بفر الطبيب أنه
حرب عفارا حديدا على عشرين حالة مرضيه وأنه وجد أنه
باجح في انتى عشرة حالة، فاشل في خمس، في حين أن

النتيجة لم تكن واضحة في سائر الحالات الثلاث، متسيرا بهذا إلى حالات تدليلية وأخرى داحضة وثالثة غير منعلقة بفرضه الذى يفر إيجابية آثار عفاؤه نسبة إلى المرض المعنى. فى موافق أخرى، يكون تطبيق مفهوم الحالة التدليلية أقل وضوحا. لكن هذا إنما يبين أن المفهوم عامص فى جوانب بعينها. بيد أن كل المحللّات عامصة بدرجة أو بأخرى، وهذه حفيضة لا تنبت استحالة طرح محلّلات.

دعونا إذن نفترض، كما يبدو أن جل العلماء يفترضون صمنا، إمكان تعربف مفهوم الحالة التدليلية؛ سوف يكون مفهوم حاله الداحضة قابلا بسهولة لأن يعرف. بعد ذلك نستطيع أن نحصى عدد الحالات التدليلية التى يشتمل عليها التقرير الملاحظي e. إذا كانت الحالات تنتمي إلى أنواع محلفه، نستطيع تحديد عدد الحالات التدليلية الحاص بكل نوع. لن يصعب آنذاك تحديد مفاص لدرجه تنوع توزيع الحالات، وفق عدد الأنواع وأعداد حالات كل منها. إذا لم تكن الفروق بين الأنواع نوعية فحسب (ذكور وإناث مثلا، أو كائنات شترية، كلاب، وخنازير هندية) بل كمبة أيضا (أشخاص من أعمار،

أوزان، ودرجات ضغط دم مختلفه مثلا)، سوف نتوقف درجة السوع أيضا على توزيع الحالات نسبة لكل من المقادير المعلفه (مفاسه مثلا وفق الانحراف المعياري). بهذه الطريقة، نحصل على أعداد تحدد ما يسمه كرايس بسط وتتنوع التذليل الاميريقي. وبدات الطريفه، يمكن تحديد بسط وتتنوع الحالات الداحضة عدديا.

يظل اعتنار كرايس الدفة الي تحقق الملاحظات وففها الفانون عاملا غير قابل للنفويم العددي أكثر مدعاة للاستغراب. إن هذا العامل لا يدخل في الاعتبار إلا إذا كان القانون يشتمل على مفاهيم كمية، مثال المفادير المادية، وكان التقرير e يتسير إلى نتائج قياس تلك المفادير. لقد سبق أن نم تطوير مناهج لقياس الدفة بالمعنى المراد لها منذ فترة طويلة في أحد فروع الإحصاء الرياضى يسمى بنظرية الأخطاء، وهي تطبق باستمرار فى كتبر من فروع العلم (فمثلا، غالبا ما تعتبر القيمة المتناسبة عكسبا مع الانحراف المعياري مقياسا للدقة)

لا يتضح تماما ما يعنيه كرايس حبن يقول إن الفانون "قابل للتطبيق على حالات كثيرة" وحين يتسير إلى "غنى

وحصوبه تطبيقاته". ربما يريد من "تطبيقات" الفانون نتائج ملاحظية. لكن هذا يعنى أن هذه العبارة لا تسير إلى عامل جديد بل تكرر بكلمات معايرة ما سبق له إقراره. لعله إذن يعنى من "تطبيقات" القانون تطبيقاته التفسيرية المفيدة عمليا. فى هذه الحالة يكون العامل المشار إليه مهجيا أو تقنيا لا مطعيا، ما يستلزم أنه لا سبيل ولا مدعاة لأخذة فى الاعتبار نسبة إلى مفهوم درجه الدليل.

لقد بين نفاشا أن أولى حاجتي كرايس وآخرين، التي حاولوا بها إثبات استحالة وجود درجة كمية للتدليل، حاجة ضعيفة يمكن دحضها بسهولة. مفاد نتيجتهم هو أن هناك عوامل منطقية محددة، يقال بحق إن درجة الدليل ترتفع بها، لا تقل النفويم العددي من حيث المبدأ. خلافا لذلك، رأينا أنه يمكن على نحو معقول تفويمها عدديا.

بعد الخلاص من أولى حاجتي كرايس وآخرين، التي حاولوا بها إثبات استحالة وجود درجة كمية للتدليل، يمكن صياغة المحااجة النابعة على النحو التالي: حتى إذا أمكن عزو قيم عدية لكل عامل من العوامل سالفة الذكر، التي ترتفع بها

درجة التدليل، يظل من المستحيل إيجاد تعريف لمفهوم كمي لدرجة التدليل يمثل بشكل ملائم هذا الاربهان، وذلك لأن الأدوار التي تقوم بها مختلف العوامل يختلف الواحد منها عن الآخر ويسوع بسوع الموقف، ما يحول دون بلحيصها في عدد بعينه. ورغم أن هذه الحاجة لا تشكل إتبانا مفعاً للاستحالة المزعومة، إلا أن الظروف التي تتسبب إليها تستحق اهتماماً مدفعاً، كونها تشتمل على صعوبات يوجب على كل محاولة تدل صوب تشكيل منطق كمي أن نواجهها. [هنا يقوم كارناب بمناقشة حاجة كرايس الثانية — المحرر].

مقدمة للبساطة³⁷

ريتشارد رذنر

حصل ريتشارد رذنر على درجه النكالوريوس من كلية الملكات وعلى درجه الماجستير والدكتوراه من جامعه نيسلسيا قام بالدرس في كورنيل، نفس، سوانمور، وجامعه منسحان، وهو الآن أسناد الفلسفه ورئس قسمها في جامعه واسنطن. أيضا فإنه سعل منصب مدير تحرير محله "فلسفه العلم" وله العديد من الدراسات.

بصرف النظر عن السكينة أو عوز الوعي الداني الذي ينتاب العالم الممارس حين يفبل أو يرفض النظريات، لا سبيل لإنكار أن مسأله تشكيل تحليل فلسفى ملائم لمثل هذه الممارسه تظل في حالة أزمتها المزمنة. لقد شهد الماضي الفريب

³⁷ From Richard Rudner, "An Introduction to Simplicity", *Philosophy of Science*, XXVIII, No 2 (April 1961) Pp 109-115 Reprinted by permission of the author who is also editor of the journal

محاولات باررة ومفيده (كتلك النى قام بها كارناب ورايكباح) لطرح ذلك التحليل أساسا فى شكل منطق للاستقراء. ونسبه لمفاسد موضع انتشغالنا الراهن، لا مدعاة لاستعادة اعتبار مدى صحة الاعتراضات التي تبادلها أتباع نظريات الاستقراء "الموضوعية" أو "الإحصائية" مع أنصار "النظريات المنطقية فى التدليل". والواقع أنه لا مدعاة حتى للحوض فى المحاجات التي لا تدافع عن أي من دينك الموقفين بل وحثت ضدهما، ولا تلك النى تدافع عن أحدهما ونوحه صد تيارات "ثالثة" من قليل نظريات الاحتمال "الداتي" التى ظهرت فى الآونة الأخيرة. الحفبة المؤسفة هي أنه بخصوص الاعتراضات المفعة صد نظرباب الاستدلال الاستقراي، تعانى الأدبيات الفلسفية من ارنباك ناجم عن الوفرة.

على ذلك، فإن السبب الذى يحول دون قدرة أي من تلك الاعنارات على إعاقتنا إما يتعين فى حفيقة أنه حتى إذا قدر لأى من برامج المنطق الاسفرائى سالفه الذكر أن نكمل، بحيث تحقق ما أمله أصحابها، فإنها لن تسكل قاعده كامله أو عامة للتحرير بين النظريات. ثمة اعنارات مغايرة للغة التدليلية يعد

تفويها شرطاً ضرورياً للتخبر العقلاني (أي الجدير بالثقة العلمية) بين الفروض. يمكن أن نشير إلى أحد تلك الاعتبارات الإضافية بالكلفة المرئطة بقبول أي فرض، وتمة فلاسفه وكثير من العلماء (بعض منهم معنيون بنظرية القرارات) سرعوا في الآونة الأخيرة في إبطاء تحليل هذا المفهوم الاهتمام الذي اسنقه دوماً. وبصرف النظر عن مدى أهمية وقدر الاهتمام بالمسائل المتعلقة بتحليل الكلفة، فإننا لسنا معنيين بها في هذا المقام، بل يشغلنا اعتبار ثالث يعد تحليله هو الآخر شرطاً ضرورياً للحصول على نظرية ملائمة في الاستدلال الاسفرائي. وبطبيعة الحال فإنني أتحدث هنا عن البساطة.

حالات الإشارة إلى البساطة في العلم والفلسفة لا تحصى، وهي متنوعة إلى حد كبير من حيث المفرد والدقة. قبل الشروع في العناية بأمر هذا المفهوم أو تأكيد أهميته، يتوجب أن نفهم بفصر مجال الاهتمام على حد بعينه. يمكن لنا إنجاز ذلك عبر تصنيف كل الإنارات المتنوعة للبساطة التي ورثناها، بحد أدنى من التعسف، ضمن منظومة تصنيفية ليست معقدة. هكذا يمكن تصنيف استخدامات "البساطة" إلى انطولوجية

(ما بعد اللغة) أو وصفية (لغوية). التصنيفات الفرعية لهذه الأصول هي ذاتي (سيكولوجي) وموضوعي (لا سيكولوجي). أيضا، من المفيد أن نميز ضمن الاستخدامات الوصفية بين التلويحي (المتعلق بالرموز) والمنطقي (البنوي). تكفي الأمثلة القليلة التالية لتبيان ذات درجة الوصوح التي نختار الآن بسطة إلى هذه الأنواع الستة.

اعتبر بداية البساطة الانطولوجية. من البين أن كبرا من الناس الذين استخدموا لفظة "البساطة" أو مرادفاتها يريدون عزو خصائص بعينها للكون عوضا عن أوصافنا له. عندهم، الكون المفارق للغة، أو قطاع منه، هو الذي يقال عنه أنه يعرض أو يخفق في عرض درجه أو أخرى من البساطة. فصلا عن ذلك، فإن عرو حاصية البساطة قد تصف بأنها ذاتية أو موضوعية، وفقا على ما إذا كان مفاد مقصدهم أن الكون بسيط (أو خلاف ذلك) بشكل مستقل عن طريقتنا في إدراكه أو أن الكون (المفارق للغة) يدرك من قبلنا بوصفه بسيطا (أو خلاف ذلك). إذا كان المراد من الاستخدام هو أن "البساطة" محمول للعالم بشكل مستقل عن إدراكنا إياه، سوف يُصنف على أنه

انطولوجي_موضوعي. في المقابل، إذا فهمت "البساطة" على أنها محمول لاستجاباتنا (المفارقة للعة) للكون (المفارق لها)، سوف نعبر هذا الاستخدام انطولوجيا_دانيا. وبالطبع، فإن حالات عرو البساطة للكون ولاسجاباتنا له منكرته في أدبيات العلم والمبافربفا، رعم أنها بدت لي دوما غامصة بشكل أساسي. ولكن، بعد أن ذكرنا أنفسنا بها، لا حاجة لنا بالتفصيل في أمرها أكثر مما هو متطلب لملاحظة أن البساطة الوصفية، عوصا عن الانطولوجية، هي الني تسكل موضع اهتمام نظريات الاستدلال الاستقرائي

نلتفت الآن إلى اعتبارات لغوية، في مقابل الاعتبارات الانطولوجية، فنعر أن لنا أن نميز تحت مفولة البساطة الوصفية نوعين: البساطة الوصفية التبويتية والبساطه الوصفية المنطفية. مره أخرى، ليس من شأننا في هذا المقام البت في أمر إمكان الدفاع عن التمييز بين هذين الضربين من بساطة الأوصاف. إبنى باستخدام هذا التمييز إنما أسر إلى خصائص وصفية مختلفه من قبيل الاختزال في معابل مدى المحاميل التي تشتمل عليها تلك الأوصاف. عزو البساطة لوصف ما وفق

خاصية بنونية من قبيل عدد الرموز (الحروف الأبجدية مثلا) التي يشتمل عليها، بشكل مسنفل عن استحابتنا السيكلولوجية لهذه الحاصية، يعتبر حاله للبساطة التنويتية_الموضوعية. من جهة أخرى، فإن عرو البساطة إلى الوصف وفق ألفة التنويت، أنافته، عمليته، فعاليته في التداول، أو أي من خصائصه الجمالية، ، سوف يعد حالة للبساطة التنويتية_الداتية.

بهذا المعنى، لا تشكل البساطة التنويتية ببوعيا الموضوعي والذاتي موضع انشعالي في النقاش التالي. ما معنى به هو بساطة الوصف المنطيفة (أو الصورية)، خصوصا منها الأوصاف التي تشكل نظريات علمية. فصلا عن ذلك، وعلى اعتبار أننا لسنا معنيين بكيف يسجيب الناس على المستوى النفسي للخصائص المنطيفة التي تحتص بها النظريات، لنا أن نحدد موضع عدايتنا في البساطة المنطيفة_الموضوعية. الإشارات التالية، ما لم تقر خلاف ذلك، تقتصر على هذا النوع من البساطة.

تشكل ملاحظة أهمية اعتبارات البساطة نسبة إلى فلسفه العلم ظاهرة في الماضي العريب. ليس هذا أمرا مفاجئا كلية، في

ضوء حقيقة أن التطورات التي طرأت على المنطق، والتي ارتهن بتطبيقاتها كثير من الأعمال المهمة التي تم إنحارها، تشكل بدورها ظاهرة في هذا القرن. ولكن بالرغم من أهمية طرح تحليل ملائم لمفهوم البساطة، اقتصر الاهتمام بإنحار عمل مهم ومؤزر في هذا الخصوص على حلقة صغيره نسبيا من الفلاسفة. وفي الآونة الأخيرة، انسعب هذه الحلقة بسبب الدفع الذي لقيته من النتائج الإيجابية والمفصلة التي خلص إليها خصوصا البروفيسور جودمان. ومهما يكن من أمر، وبصرف النظر عن بقاء البدايات، نمة أعمال يقوم بها عدد متزايد من الفلاسفة المعبرين تتحز في الوقت الراهن، وبمقدورها أن تؤمل في الحصول على حل إشكاليات البساطة التي استعصت علينا إلى حد جعل البعض يرتاب في إمكان حلها.

ولعل في التلميح لبعض جوانب علاقة البساطة بالنزعة التنظيمية أفضل وسيلة لتوكيد أهمية الحصول على تحليل ملائم لهذا المفهوم

ليس النسق مجرد حلقة من حلبي العلم، بل هو ذات لبه. إننا لا نعني بهذا القول مجرد إقرار أن مهمة العلم لا تكمن في

تجميع معلومات اتفاقه معرولة لا رابط بينها، بل نعني أنصا أن أحد مثل العلم إما يتعين في طرح تفسير منظم للعالم — أي الربط عبر علاقات منطقية بين مفاهيم وجمل تجسد أي قدر من المعلومات يتم اختياره. الواقع أن مثل هذا السطيم يعد شرطاً ضرورياً لأداء العلم اتتيس من وظائفه الأساسية: التفسير والسبؤ.

العمل الذي سبق إنجاز به بخصوص البساطة الصورية_الموضوعية، كالعمل الذي يتم إنجاز به في الوقت الراهن، يخفق في طرح تحليل ملائم ومتكامل لهذا المفهوم. خلافاً لذلك، استتبس على وجه الضبط أن إشكاليات ذلك المفهوم تتسعب إلى حد يستوجب بدل الكثير من الجهود. غير أن ما تم إنجاز به يوضح أننا أصبحنا على جاده الدرب الصحيح ويبيشر باستمرار تحقيق المريد من القدم. إنه إنجاز باهر، فكما ملحط من الأدبيات، شكّل الشعور باليأس قبالة إشكالية تحليل البساطة (وهو شعور مستسر بدرجة أو أخرى)، أو التحلى عنها كلبة، استجابة سائدة عند أصحاب أفدر المهارات الذين عنوا بأمرها. دعونا إذن نراجع بإيجاز ما تم إنجاز به.

يسار تكرارا إلى أن الساطة الصورية تشكل موضع اهتمام مشترك بين المقاربتين الأساسيتين اللتين اشتملت عليهما تلك الأدبيات. على ذلك تمة فروق جوهريّة تميز بينهما، وكما سوف أبين، ثمة أسباب تستدعي الريبة في تصنيف إحداها على ذلك النحو. تتحو إحدى تيك المقاربين، الأكثر حداثة فيهما، صوب تحلل فكرة قياس البساطة الصورية للأسس المفهومية (أي المحمولية) للأساق الوصفية أو النظريات. النتائج الإيجابية التي تم الخلاص إليها تعزى أساسا إلى رجل واحد، نيلسون جودمان، وهي نتائج يتضح أنها تتعلق بمفهوم البساطة المنطقية_الموضوعية وفق النحدب سالف الذكر. ترتبط المفاربة النانية، الأقدم عهدا، "بإشكالية موضوعة المنحنى". وبالطبع، فإن فكره وجوب أن يقوم العالم الذي يصادف معطيات يمكن تمثيلها في شكل فئة من النفاط البيانية، باستفراء "أبسط" منحنى (أي "الأكر سلاسه") أو بإيجاد دالة تصف تلك المعطيات، تعد فكرة فاشية. من النين أن مثل هذا النصح يثير إشكالية نميز أبسط دالة صم الدائل المتاحة. ما المعايير المقنعة للبساطة في هذا السياق؟ في ضوء ما سلف لنا ذكره، لن نعى بالإجابات

المتسمة بطابع انطولوجي أو ذاتي. في العقود الثلاثة الأخيرة، فيما يتعلق بمعايير البساطة الموضوعية، نسبة إلى إشكاليه موصعة المنحى ، بحطى أعمال هارولد جفري، ك.ر. نور، وجون كمى بأهمية خاصة. غالبا ما يشار إلى الإنشائية التي تشكّل موضع اهتمامهم تحت اسم "مشكلة البساطة الاسفرائية"، وهي تسمية أعتبرها مصللة إلى حد ما، رغم أنني سوف استعملها بسبب شيوعها.

قد يعنف أن محاولات تحليل مفهوم البساطة المنظمة، من قبيل محاولة جودمان، تعني أساسا بخصائص البساطة المتعينة في فئات المصادر. هكذا قد يغرينا القول، عن أى نظريتين ملائمتين على نحو متكافئ، إن الأقل منهما مصادر تعد انطولوجيا الأكثر بساطة. بيد أن قليلا من إعمال الفكر يكفي لتبيان أن هذا المفرح ليس مفيدا ولا واعدة، ما يفضي بشكل طبيعي إلى وجوب اعتبار بساطة محاميل النظرية الأولية. ذلك أن عدد مصادر أيه نظرية المتناهي يمكن أن يرد إلى واحد عبر القيام بوصلها. وفق معيار عدد المصادر، سوف تتكافأ كل نظرية مع النظرية التي نحقق الحد الأعلى من البساطه.

أيضا لا سبيل لتحسين هذه النتيجة المنافية للعقل عبر طرح اشتراط بدهى يتعلق بعدد المكونات الوصلية في فئة المصادر. ذلك أنه إذا كان فحوى هذا الاشتراط هو أن المصادر التي تتخذ على سبيل المثال الصياغة:

$$(f_x \cdot g_x)$$

أقل بساطة من المصادر ذات الصياغة:

$$h_x$$

فإن الخلل في ذلك الاشتراط يتضح بمجرد أن نلاحظ أنه يسهل دوما تشكيل (أي تعريف أو تحليل) محمول h بحيث تكون:

$$h_x \equiv (f_x \cdot g_x)$$

فضيه صادفة منطقيا. وفق هذا، يمكن رد أية مصادرة تشتمل على عدد متناه من المكونات الوصلية إلى مصادرة تشتمل على مكون وصلي واحد، ما يستلزم أن كل المصادر تعد وفق ذلك المعيار على ذات القدر من البساطة. حتى هذا المثال البسيط يوضح أن الحصول على معنى متعلق "للبساطة" يستوجب تجاوز اعتبار عدد المصادر أو مجمل ببنيتها المنطقية، بحيث نستوعب البنية المنطقية التي تحتازها الأسس المحمولية في النظريات.

وطالما أنه من المعقول افتراض أن النظريات التي تشكل موضع اهتمامنا تنفاسم ذات القدرات المنطقية، يوجب العناية بالبساطة الصورية التي تحتص بها المحاميل ما بعد المنطقية. الواقع أن هذا هو النهج الذي يتبناه جودمان. لقد نسي له نتيجة عمل اسعرق عدة سنين، وعبر عملية تعديل يتعاطم قدر نجاحها، تشكيل حساب لبساطة المحمول يوفر مقياسا لبساطة الأسس المحمولية الخاصة بمختلف الأنماط المنطقيه المتعلفة. بوجه عام، وبشكل لا مناص من غموصه، يمكن اعتبار تحديد جودمان لقيم البساطة مرتها بالطريفه التي تقوم بها محاميل النظرية ما بعد المنطقية، عبر خصائص منطقيه من قبيل الانعكاسية أو النمائية، بتنظيم الكينونات التي تشكل محتوى النظرية الكلي.

لفهم فحوى عمل جودمان من المهم أن نتجنب خلطا (بادرا ما وفق منتقدو عمله في تجنبه)، عنيت الخلط بين بساطه الأساس وقدرته. تكافأ قدرات فئات المحاميل الخاصة بالنسقين S و S' إذا كان بالمقدور تعريفهما على نحو متبادل. هب أنه ليس هناك محمول ينتمي إلى فئة محاميل S معرّف عبر أي

محمول آخر في S. لو كانت قدره الأساس متماهية مع بساطته،
"لما كان هناك أساس أنسط لـ S [يمكن الحصول عليه]
من اعتبار كل محاميل S أوليه"³⁸. بيد أن ما نرغب في قياسه
إمّا بتعني على وجه الضبط في بساطه نسق آخر 'S' الأعظم
قدرا الذي يعد أساسه الأولي "أضيق" (أي نسق يفوم أساسه
بالتنظيم عبر تعريف سائر المحاميل باستخدام فئة جريئه من
عددها الكلى في النسق) نسبه إلى نسق S أساسه هو الأساس
الممكن "الأوسع". إننا نستهدف في نهاية المطاف اقتصادبة
النسق: وكما أننا نحصل على مؤشر لاقتصادية السيارة لا من
الدرايه بالمسافة التي قطعتها بل من قدر الوقود الذي احتاجته
لقطع تلك المسافة، فإن الأمر لا يختلف مع اقتصادية النسق. إن
قدرة النسق تناظر تماما المسافة التي تقطعها السيارة في أن
الدراية بها لا تكفي وحدها لقياس مدى اقتصاديتها. لتحديد مدى
اقتصادية النسق نشترط أيضا مقياسا لبساطة قاعدته، وهذا ما
يروم حساب جودمان توفيره.

³⁸ N Goodman, "Recent Developments in the Theory of Simplicity",
Philosophy and Phenomenological Research, XIX (1959), P 430

الجزء الثاني

مقاربات تاريخية

الباراداييم ونماذج لإساءة تأويل العلم³⁹

تومس كون

حصل تومس كون عل درجه الماجستير والدكتوراه في الفيزياء من جامعة هارفارد، عبر أنه تسرع مند أن كان طالباً في الدراسات العليا في دراسة تاريخ العلم، حتى أصبحت منار اهتمامه الاحترافي. سعل منصب أسناد تاريخ العلم في جامعه كاليفورنيا، في بركلي، وهو بدرس الآن في جامعة بريسنون من مؤلفاته "النوره الكوبرنيكه علم فلك الكواكب في بطور الفكر العربي"، و "نسه النوراب العلميه".

"Planetary Astronomy in the Development of Western Thought", and "The Structure of Scientific Revolutions"

³⁹ From Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago University of Chicago Press, 1962), pp 77,79,81-84,102,119-121,125-128,139-140,144-146, *Passim* Copyright 1962 by The University of Chicago

(أفند من برجمه سوفي خلال من هذا الكتاب، اليي طهرت بحت عنوان "نسيه

النوراب العلميه"، سلسله عالم المعرفة، الكويت، 1992) [المترجم]

ليست هناك عملية كشف تاريخ التطور العلمي النفاب عنها تشبه بأي حال النموذج المنهجي الحاص بالدحض عبر المقارنة المباشرة بالطبيعة. لا يعني هذا أن العلماء لا يفومون برفض السطريات العلمية، كما لا يعنى أن الخبرة والتخربة لا تقومان بدور فاعل في عملية رفض تلك النظريات. لكنه يعني أن عملية الحكم التي تفضي بالعلماء إلى رفض نظرية سبق قبولها منهض دوما على ما هو أكثر من مجرد مقارنة هذه النظرية بالعالم

ليس ممة بحث علمي يخلو من الحالات المخالفة. إذ ما الذي يميز العلم الفياسي عن العلم حال الأزيمة؟ بالتوكيد أنه لا يتمثل في كون العلم الفياسي لا يواجه حالات مخالفة. على العكس تماما، فإن الأحاجي التي شكل هذا الصرب من العلم لا توجد إلا لأنه ليس هناك نموذج أمل (باراداييم)، يوفر فاعدة للبحث العلمي، ينجح في حل كل إنشكالياته بشكل تام. اللمادح الملئ القليلة التي بدت أنها نجحت في ذلك (الصريات الهندسية مثلا) ما لبنت أن توقفت عن إثارة الإشكاليات البحثية وأصبحت عوضا عن ذلك أداة يوظفها المهندسون. وإذا ما استتتبا

الإشكاليات المتعلقة حصرا بالأجهزة التقنية، يمكن اعتبار كل إشكالية يجدها العلم الفياسي أحجية حالة مخالفة ومن ثم مصدرا للأزمة. ..

حالات التضارب لا تختفي إطلاقا. وحتى أكرها عابدا لا يلبث أن يمثل للممارسة القياسية في العقود السنين التي تلب حسابات نيوتن الأصلية، لم تتم ملاحظة سوى نصف ما تم التنبؤ به فيما يتعلق بحركة أقرب نقطة على سطح القمر إلى الأرض (حركة القمر نحو الحضيض). وبينما واصل أفضل علماء الفيزياء النظرية في أوروبا دون نجاح محاولتهم حسم هذا التضارب، أفتتح في بعض الماسبات تعديل قانون التربيع العكسي الذي قال به نيوتن. بيد أن أحدا لم يحمل تلك المقترحات محمل الحد، وقد أثبتت التجربة أن التريث مع حالات السذود الأساسية سلوك له ما يبرره. هكذا تمكن كليروت في عام 1750 من تبيان أن الخلل إنما يعزى إلى أخطاء في تطبيق الرياضيات، وأن بمقدور النظرية البوتونية أن تصمد كسالف عهدها. حتى في الحالات التي لم يكن بالمقدور عزو الحلل إلى أخطاء من هكذا قبيل (ربما لأن الرياضيات المستخدمة أكثر

بساطة أو من نوع أكثر ألفه سبق له أن طبق بنجاح في
سياقات أخرى، لا تقوم حالات السدود المستمرة والمُعترف بها
دائماً بإنارة أزمة. لم يربط أحد في النظرية البيوتوية بسبب
التضارب الذي لوحظ لفترة طويلة بين تنبؤاتها وكل من سرعة
الصوت وحركه عطار. لقد تم حسم التضارب الأول في نهاية
المطاف وبشكل مفاجئ بتحارب في الحرارة أجريت تحقيقاً
لمقاصد معاكسة تماماً. أما التالي فقد تلاشى بحلول النظرية
النسبية العامة التي استحدثت عفو حدوث أزمة لم يكن له دور
في إثارتها. لم يبد أي منهما أساسياً إلى حد يمكن من إثارة الفلق
الذي بصاحب الأزمة. لقد كان بالمفذور اعتبارهما حالات
مخالفة وأن يطرحا جانباً إلى أن يأتي الدور عليهما لاحقاً.

يلزم عن هذا أنه إذا كان للشذوذ أن يحدث أزمة فإنه
عاده ما يتوجب أن يكون أكثر من مجرد شذوذ نعين عليا
إذن أن نتساءل عما يجعل الشذوذ جديراً بالاهتمام المنظم
المنضافر، وهذا سؤال قد لا تكون له إجابة عامة أحياناً
يسندعى الشذوذ الارتياح في تعميمات صريحة وأساسية تقرها
الباراداييم، كما فعلت إسكالية سحب الأنبر مع أشتياح نظرية

ماكسويل. في أحيان أخرى، كما حدث في حالة النظرية الكوبرنيكية، قد يسنى لشذوذ لا يحنار فيما يبدو على فحوى مهم أن بتير أرمة طالما أن التطبيقات النى يحول دونها تحناز على أهميه عملية خاصة، في هذه الحالة تصميم الفويم الشمسي والتتحيم.

يفترض أن هياك ظروفوا أخرى تجعل من الشذوذ أمرا ملحا على نحو خاص، وعادة ما يتصافر عدد منها يتعين أحد مصادر الأرمة التي واجهت كوبريكس في محرد طول الحفة الزمنية التي حاول علماء الفلك أنشاءها دون جدوى حسم حالات التضارب النى ورثوها عن النسق النطلمي.

حين يبدو الشذوذ لأسباب من هذا القبيل اكتر من مجرد أحجية أخرى من أحاجي العلم الفباسى، تكون مرحلة الانتقال من مرحلة الأرمة إلى مرحلة العلم الفياسى قد أرفت. آنذاك يصبح الشذوذ أمرا مسلما به في ذاته من قبل أعلبية أولي الاختصاص، وهكذا يتزايد قدر الاهتمام به من قبل الفدرات الأكثر مهارة. إذا ظلت حالة الشذوذ تستعصي على الحسم، وهذا أمر بادر الحدود، بشرع كثير منهم في اعتنار حسمها الموضع

الأساسى فى أبحاثهم، وتغير رؤيتهم لمجال بحثهم حبيب لا يعود يبدو على سابق عهده. ببين مأتى ذلك النغير جريئاً في موضع نذوبق بـنهم العلمى الحديد، غير أن هناك مأتى أكبر أهمية يتمثل في الطبيعة المعابرة التى تضحي عليها العديد من الحلول الجريئة الناجمة عن الاهتمام المتضافر بالإشكاليه. حالات الهجوم المنكرة ضد الإشكالية المستعصية كانت الترمت تماماً بفواعد الباراداييم، بيد أن بقاءها دون حل الرم الفياى بتعديلات طفيفة، وقد لا تكون طفيفة بماما، فى صيغة الباراداييم، وقد تختلف هذه التعديلات وإن حفت كل طائفة منها فدرا من النجاح لا بكفى عادة لأن يشكل أى منها نمونجا أمل سلم الجماعة العلمية به. عبر هذه النعدنية فى التعديلات المتبائية (التي نزايد وصفها بالآدهوكية) تصبح قواعد العلم الفاسي أكثر ضابية، ورغم أن الباراداييم بظل قائمة، إلا أن عدد الممارسين الذي سلم بها ينضاءل كبيراً، بل إن الحلول العباسية للإشكاليات التى سبق أن تيسر حسمها تصنح موضع ارتياب.

نبدأ كل أزمة بمثل هذه الضبابية والنفك في فواعد العلم القياسي، وتنتهي بانبثاق مرشح حديد بديل عن الباراداييم، بما يتبع ذلك من جدل حول قبوله.

الانفصال في حال الأزمة من باراداييم إلى أخرى ينشئ عنها موروث علم قياسي جديد أعد ما تكون عن العملية التراكمية التي تتحقق عبر تنقيح الباراداييم أو بسط نطاقها. إنه يعتبر إعادة تشكيل للمحال وفق أسس جديدة بمقدورها أن تغير بعض تعميمات المجال النظرية الأكثر أساسية، فضلا عن الكثير من مباحث الباراداييم ونظيقاتها...

تقر النماذج المثلى المتعاقبة أشياء متغيرة عن مكونات العالم وعن سلوكيات هذه المكونات. إنها تختلف بشأن مسائل من قبيل وجود جريئات دون ذرية، مادية الضوء، والحفاظ على حراره أو بقاء الطاقة. هذه هي الفوارق المادية بين النماذج الملاحقة، وهي لا تحتاج إلى فضل بيان. غير أن المآذح المثلى تختلف فيما هو أكثر من ذلك، فهي ليست موجهة فحسب صوب الطبيعة بل موجهة أيضا في اتجاه معاكس صوب العلم الذي أنجزها. إنها تعد مصدر المباحث وميدان المشكلات ومعايير

الحلول التي سلم بها أبه جماعة علمية باضجة في أية حبة زمنية. يلزم عن ذلك أنه غالبا ما يحتم انبثاق باراداييم جديده إعادة تعريف العلم المناظر. هكذا تحال بعض الإشكاليات القديمة إلى علم آخر، وقد تعد "غير علمية" أصلا. أيضا، نمّة إشكاليات لم تكن موحوده أو عدت مبتدلة قد تصبح حلولها في ضوء الباراداييم الجديدة أموله للإبحار العلمي. وببغير المشاكل، غالبا ما تتغير المعايير التي تميز بين الحل العلمي الأصيل وما هو مجرد تأمل ميتافيزيقي أو مباحكة لفظية أو ضرب من اللهو الرياضي. إن موروب العلم الفياسي الذي ينبثق عن ثورة علمية لا يتعارض فحسب مع سالفه، بل يختلف معه في وحدات الفياس بحيث لا يقبل المفاارنة معه.

سوف يفضل كثير من الفراء الحكم بأن ما يغير ببغير الباراداييم هو مجرد تأويل العالم لملاحظاته المثبتة مرة وإلى الأبد بمقتضى طبيعة البيئة والأجهزة الحسية. وفق هذه الرؤية، رأى كل من برستلي ولافوازيه الأكسجين، ورأى كل من أرسطو وجاليليو بدولا، بيد أنهم اختلفوا في تأويل ما رأوا.

بيد أن ما يحدث إبان العلمنة يعنفق باراداييم جديدة، عوضا عن أن يكون مؤولا، أنسبه بالرحل الذى يضع على عينيه عدسات عاكسة. رعم أنه يصادف ذات ما كان يصادف، و رغم أنه يدرك هذا، إلا أنه يجد ما يصادفه قد نغير بامام من حيث التفاصيل

أن العمليات والقياسات التى يصطلع العالم بأمرها في المعمل ليست "معطيات" خبره بل "حصاد المعااة". إنها ليست ما يراه، أو على الأقل ليست دات ما كان يراه قبل أن يتطور بحنه ويتركز انتباهه. خلافا لذلك، تعد تلك العمليات والقياسات مؤشرات واقعية تدل على إحساسات أكثر أولنة، ولذا فإنها لا تصطفى موضعا للبحب الفياسى الدقيق إلا لأنها تعد بتهيئة المناسبه لتفصيل منئر في الباراداييم المسلم بها. العمليات والقياسات محددة من قبل الباراداييم على نحو أكثر بيانا من تحديده الخبره المباشرة المستمده جزئيا منها. إن العالم لا يتعامل مع كل ما يمكن معالجته في المعمل بل ينتفي ما يتعلق بمضاهاة الباراداييم مع الخبرة المباشرة التى تسهم الباراداييم جزئيا فى

تحديدها. لهذا السبب، فإن العلماء الذين يسلمون بمادح منلى
مختلفة يعكفون على معالجات معملية متباينة

أما عن اللغة الملاحظة الحثة، فهذا أمر لم يتس بعد
إجازه فلم بقدر بعد لأية محاولة راهنة أن نفتر من تشكيل
لعة للمدركات الحسية البحتة نفل التطبيق العام. ثمة فاسم
مشترك بين المحاولات الني أوشت أكنز من غيرها على
حقيق تلك الغابة يتعين في كونها تعزز العبد من العاليم التي
تقرها هذه الدراسة. لقد نمثلت النتائج التي أسعرت عنها تلك
المحاولات في لغة تتسه اللغات المستخدمة في العلوم في كويها
تننظم جمعا من التوقعات المنعطف بالطبيعة، وهي تخفق في أداء
وطيفتها بمجرد أن يستبان بطلان تلك التوقعات لبس بمعدور
أية لغة تقتصر على هذا النحو على إخبارنا عن عالم نعرفه
مسفا بالكامل أن تقدم بابات محايدة وموضوعية بشأن
المعطيات الحسية، بل إن البحت الفلسفي لم يتمكن بعد حتى من
اللميح إلى قدرات مثل هذه اللغة.

سبب الحيرة المتضمنة في الباراداييم عن العرق والثقافة
والمهنة، يصبح عالم الباحث مأهولا بكواكب وبيدولات ومكتفات

وحامات مركبة وخلاف ذلك. إذا قاربا موضوعات الحس هذه بقراءات أدوات الفياس وانطباعات الشبكية، نجد أن هذه الأخيره مكوبات مفصلة لا سبيل لاتصال الخبرة بها إلا حال حرص العالم بسبب مفاصده البحثية الخاصة على ترتيب المناسبة للاتصال بها ليس في وسع العالم الذي ينظر إلى حجر متأرجح أن يحصل على خبرة تُعد من حيث المبدأ أكثر أولية من رؤيته بندولا. ليس البديل رؤية افتراضية "متنبّة" بل رؤية عر باراداييم أخرى من شأنها أن تجعل من الحجر المتأرجح شيئا آخر لا سبيل للشروع في البحث عن تعربف إحرائي أو لغة ملاحطية حاصة إلا بعد أن يتم تحديد الحرة على هذا النحو...

...يتضمن عرض الكتب الندرسية أن العلماء كافحوا منذ البدايه من أجل تحقيق الأهداف الخاصة التي تحسدها المادح المتلى الراهنة. هكذا يضيف العالم تلو الآخر، في عملية أشبه ما تكون بوضع اللبنة تلو الأخرى، حقيقة أو مفهوما أو قابوبا أو نظرية إلى مجمل المعلومات التي تعرضها كتب العلم المعاصرة.

بيد أن العلم لا يتطور على هذا النحو. لم توجد كثير من أحاجي العلم الفباسي المعاصر إلا عقب قيام أحدث الثورات العلمية، فقليل منها فحسب يمكن افتقاء أثرها إلى أطوار العلم المبكرة. لقد واصلت الأحيال الأولى سعيها لحل مشاكلها وفق الأدوات ومعايير الحلول الي توفرت لها.

غير أن المشاكل لم تكن وحدها التي طالها فعل التغيير؛ لقد طال مجمل شبكة الواقع والنظرية التي تحاول الباراداييم في الكتب الندرسية مطابقتها بالواقع....

قليل من فلاسفة العلم أضخوا يلتسون معايير مطلقة للنحقيق من النظريات العلمية. بعد أن تسنى لهم أن يلحظوا أنه لا سبيل لإخضاع أية نظريه لكل الاخبارات الممكنة المتعلفه، لم يعودوا يتساءلون عما إذا كان بالمفدور الحقيق من صدق النظرية بل عن احتمالها في ضوء الشواهد المتوفرة. للإجابة عن هذا التساؤل اضطرت إحدى المدارس المبررة إلى المقارنة بين قدرات النظريات المختلفة على تفسير الشواهد الي ينم الحصول عليها. أيضا فإن الإصرار على مقارنة النظريات يعد سمة واضحة للموقف الناريخي الذي يتم فيه التسليم بنظرية جديدة.

من المرجح أن هذا النزوع يسير إلى أحد الانحافات المستقبلة التي سوف يسلكها نقاش النحوق.

تركبن نظريات التحقق الاحتمالية في صباعها الأكثر عمومية إلى أحد شكول اللعات الملاحظة التي سلف لنا نقاشها. هكذا بطلب منا إحداها مقارنة النظرية العلمية بسائر النظريات التي يمكن تخيل تطابقها مع مجموع المعطيات الملاحظة ذاتها، في حين تطلب منا أخرى تخيل مجموعة الاختبارات التي يمكن تطبيقها على النظرية العلمية المعنية. بآن أن مثل هذا التحليل ضروري للمقارنة بين فيم احتمالية بعينها، مطلقة كانت أم نسبية، غير أنه يصعب بصور تحقيق ذلك. إذا اتضح، وفق ما حاد لنا، استحالة قيام نسق لغوي أو نسق مفهومي علمي محاد امبيريفيا، فإن تشكيل البدائل الاحتمالية المقترح سوف يكون ملزما بالركون إلى موروب بارادامي بعينه، ما يحول دون اتصاله بكل الخبرات أو النظريات الممكنة. نبيحة لذلك، فإن النظريات الاحتمالية تعتم الموقف التحففي بقدر ما تعمل على توصيحه. ورغم أن هذا الموقف، كما نؤكد تلك النظريات، يرتهن بمقارنة النظريات بشواهد سائدة، إلا أن النظريات

والملاحظات المعسية عادة ما ترتبط بشكل وثق بنظريات وملاحظات قائمة بالفعل. التحقق شبيه بالانتخاب الطبيعي، إذ يتم اصطفاء الأقدر على البقاء من ضمن البدائل الفائمه في أي موقف تاريخي. كونه أفضل بديل يمكن اختياره حال وعود بدائل أخرى، أو حال اخلاف المعطيات، مسألة لا حدود من إثارته، إذ لا أدوات لدينا تمكن من حسمها.

غير أن كارل بوبر يفترح مفارقة مخلفة بامام لهذا الجمع من الإشكاليات، فهو يكر على وجه الإطلاق قيام أية إجراءات تحقيقية⁴⁰. عوضا عن ذلك، فإنه يؤكد أهمية الدحض، أي الاختبار، كون نتاجه سلبيا، ما يحتم رفض النظرية المكرسة. من البس أن الدور الذي يعزى على هذا النحو للدحض ينسب الدور الذي تحدده هذه الدراسة للخبراب الشذوية، أي إلى الخبرات التي تمهد الطريق، عبر إنارة أرمه، أمام نظرية جديدة. غير أنه لا سبيل لمماهة مثل تلك الخبرات بالحالات الدحضية، بل إنني أرتاب في وعود مثل هذه الحالات أصلا. فكما وكذب مرارا، ليست هاك نظرية تنجح في حل كل

⁴⁰ K R Popper, "The Logic of Discovery" (N Y , 1959), esp ch 1 - 1v

الأحاجي التي تواجهها في أبة فترة زمنية، كما أن الحلول التي يتسنى الحصول عليها لا تكون كاملة. على العكس تماما، فإن عور الكمال والدقة الذي يشوب تطابق المعطيات مع النظرية في أى وقت هو الذي يحدد كثيرا من الأحاجي التي تميز العلم الفياسي. لو كان كل إخفاق في المطابقة مبررا لرفض النظرية، لوجب نبذ كل نظرية في كل وقت. من جهة أخرى، إذا كان الفئسل الذريع وحده القادر على ترير فعل نبذ النظرية، لاحتاح أشياع بوبر إلى معيار في "اللاحتمالية" أو "درجة الدحص". وما أن يشرعوا في تطوير مثل هذا المعيار حتى يجدوا أنفسهم قبالة دات منجم المشاكل التي اعترصت سبيل أشياع مخلف نظريات الحفوق الاحتمالية.

يمكن تجنب الكثير من الصعوبات سالفة الذكر بملاحظة أن كلا من هذين المذهبين الشهيرين المتعارضين والمعييين بالمطوق الأساسي للبحث العلمي قد راما دمج عمليين متمايزين إلى حد كبير في عملية واحدة. الخبرة الشذوذية التي يعنى بها بوبر تعد مهمة بسبة إلى العلم لأنها تشجع على قيام بمادح منافسه للباراداييم الفائئة. غير أن الدحص، رغم تحفقه، لا

يصاحب ولا يحدث بسبب انبثاق حالة سدود أو دحض، بل يعد عملية لاحقه ومائزّه يمكن بالمنل وصفها بالحقق، كونها تكمن في انتصار باردام جدبده على الباراداييم الأقدم عهدا. فصلا عن ذلك، فإن الممارنة الاحتمالية بين النظريات إما تقوم بدور مركري في هذه العملية التي يتصافر فيها النحق والدحض. مبلغ ظني أن هذه الصياغة مزدوجة المراحل تمتاز بكونها أقرب إلى جادة الصواب، وقد تمكننا من توضيح دور الاتفاق (أو الاختلاف) بين الحقيقة والنظرية في عملية النحق. قد لا يكون هناك معنى ذو شأن، نسبة إلى المؤرخ على أقل نفدير، لاقتراح أن النحق ينبت تطابق الواقع مع النظرية. كل النظريات التي تحار على أهمية تاريخية اتفقت مع الحقائق، ولكن بشكل نفريبي فحسب. ليست هناك إجابة أكثر دقة للسؤال ما إذا كانت النظرية تتطابق بمفردها مع الوقائع وكيف تتطابق معها. بيد أنه بالمقدور طرح أسئلة من هكذا قبيل حين يتم اعتبار النظريات بشكل إجمالي أو حتى منى منى. ذلك أنه من المفيد كثيرا أن نسأل عن أي من النظريتين المتنافستين تتطابق بشكل أفضل مع الواقع

النظرية الفيزيائية، الرياضيات، والتجربة⁴¹

بيير دوهم

بيير دوهم (1861-1916) واحد من علماء الفيزياء الفرنسيين المبرزين في عصره، وقد أهتم خصوصا بمجال الديناميكا الحرارية. أيضا كان دوهم أحد مؤسسي مجال تاريخ العلم الذي يعد مجالا حديثا، وذلك بعمله الباهر "لنوبارد دي فينتي وسبق العالم، تاريخ التأمل الكورمولوجي من أفلاطون حتى كوبرنيكس". كتابه "عنه النظرية الفيزيائية ونسبها" الذي يعيد منه الفقرات التالية، يعد أحد أعظم كلاسيكات فلسفة العلم، وهو يستتشف كثيرا من المفاتيح الأحدث للعدد من القضايا.

Leonard de Vinci and Le System du Monde, a history of cosmological speculation from Plato to Copernicus, The Aim and Structure of Physical Theory

1. النظرية الفيزيائية

⁴¹ From Pierre Duhem, *The Aim and Structure of Physical Theory*, trans P P Wiener (Princeton Univ Press, 1954), pp 19-21, 23-24, 132-135, 144-145, 147, 185-190, 211-212, *passim* Used by permission of Princeton Univ Press

ألا نستطيع تحديد غاية للنظرية الفيزيائية تجعلها مستقلة؟ وفق مبادئ لا تنشأ عن أيه تعاليم ميتافيزيقية، يمكن الحكم على النظرية الفيزيائية بالركون إليها وحدها ودون التعويل على آراء علماء الفيزياء الذين يعتمدون على نرعاتهم الفلسفية.

أليس بمفدوريا تصور نهج قد يكون كافيا لتسكيل نظرية فيزيائية، بحيث يحسم، وفق تعريفها، عن استخدام أي مبدأ والركون إلى أي إجراء لا يحق لها اسخدامه؟

إننا نرغب في التركيز على تلك العاية وهذا النهج وأن نقوم بدراسة كلهما.

دعونا نطرح الآن تعريفا للنظرية الفيزيائية النظرية الفيزيائية لبست تفسيراً، بل سق من الفضاءا الرياضيه يتم اشتقاقه من عدد قليل من المبادئ التي تروم بمثل، بالقدر الأوفى من البساطه والكمال والدقه، فئة من الفواين الجريبية.

لجعل هذا التعريف أكثر دقة، سوف نفوم بتحديد خصائص العمليات المتلاحفة الأربع التي بنم عبرها تسكيل النظرية الفيزيائية:

1. ضمن الخصائص الفيزيائية التي نستهدف تمثيلها بخار تلك التي نعتبرها خصائص بسيطة، بحيث يفرض أن نكون سائر الخصائص تحميعات أو نوليفات منها. أيضا نفوم جعلها تناظر مجموعة بعيها من الرموز الرياضية والأعداد والمعادير باستخدام سبل قباسية ملائمة. ليس نمه رابط ذي طبيعة جوهريه يربط هذه الرموز الرياضية بالخصائص التي تمثلها، فهي لا تتعلق بهذه الخصائص إلا بفدر ما تتعلق العلامة بالنسيء الذي تنسبر إليه. عبر سبل القياس نسنطيع جعل كل وضع من أوضاع الخاصية الفيزيائية يناظر قيمة للرمز الممثل، والعكس بالعكس.

2. نقوم بالربط بين مختلف أنواع المفادير، التي تطرح على السحو سالف الذكر، باستخدام عدد قليل من الفصايا التي توظف بوصفها مبادئ اسنباطية. يمكن تسمية هذه المبادئ "فروضا" بالمعنى الجذري لهذه اللفظة، فهي تشكل حفيقة الأسس النى تنهض عليها النظرية. غير أنها لا ترعم بأي حال إقرار علافات حفيقة بين خصائص الأشياء الواقعية. على هذا النحو ييسى صياغة هذه الفروض بطريفة اعتباطية. العائق الوحيد

الذي لا يمكن تخطبه والذي يحد من هذه الاعتبارية هو التفاضل المنطقي بين حدود دات الفرص أو بين محلف فروض ذات النظرية.

3. يسم الوليف بين مختلف مبادئ أو فروص النظرية وفق قواعد التحليل الرياضي. معايير المنطق الحبري هي المعايير الوحيدة التي يتعين على المظرّ الالتزام بها في هذه العملية. لا يفترض أن تكون المفادير المصلة بحساباته متعلقة بوقائع فيزيقية، والمبادئ التي يستخدمها في استنتاجاته لا تطرح على اعتبار أنها تعر علاقات فعلية بين تلك الوقائع. لهذا السبب، فإن كون العمليات التي يفوم بها تتح أو تخفق في التناظر مع تغيرات فبريقية حفيفة أو تعيرات يمكن تصورها أمر لا يحتاز على أهمية كبيرة. كل ما يحق لنا طلبه من المظرّ هو أن تكون براهيه المنطقية سليمة وأن تكون حساباته دقيقة.

4. يمكن ترجمة مختلف النتائج الى يتم على اشفاقها هذا النحو من الفروض إلى أحكام تنعلق بالخصائص الحقيقية للأشياء، مهما بلغ عدد هذه الخصائص. المناهج التي تناسب تعريف الخصائص الفيزيقية وقياسها تشبه المفردات ومفاتيح

الرميز النى تسمح بالقيام بهذه الترجمة. إن تلك الأحكام بالفوابن التجريبية الي برغب النظرية في تمثيلها. إذا كانت تعارب هذه الفوابن إلى الحد الذي تقره إجراءات القباس المستخدمة، فقد تسنى للطربة تحقيق غايتها، وتعد من ثم نظرية جيدة. خلافا لذلك، فإنها تعد نظرية رديئة يتعين تعديلها أو نبذها.

النظرية الصادفة إذن ليست نظرية تطرح تفسيراً لظواهر فيزيقية بطريفة تماثل الواقع، بل نظرية تمثل بطريفة مرضية مجموعة من القوانين التجريبية. وليست النظرية الباطلة محاولة للتفسير مؤسسة على فروض تخالف الواقع، بل هي مجموعة من الفصاا تنعارض مع القوانين التجريبية. الاتفاق مع التجربة هو المعيار الوحيد لصحة النظرية الفيزيائية

وبخصوص طبيعة الأشياء ذاتها، أو الواقع الكامن خلف الظواهر التي نفوم بدراستها، لا تقوم النظرية وفق تصوريا هذا بإجبارنا شيئا، بل إنها لا تزعم قدرتها على إخبارنا عن أي شيء. ما نفعها إذن؟ ما الذي يحصل عليه علماء الفيزياء

بالإسعاصه عس القوانين التي يعدها النهج التحريبي مباشرة
بنسق من الفصايا الرياضية يمثل تلك الفوانين؟

بدابة، عوضا عن عدد هائل من الفوانين التي يستقل
الواحد منها عن الآخر، بحيث يتوجب تعلم وتذكر كل منها
بذاته، تطرح النظرية الفيزيائية عددا قليلا من القصايا، أو
الفروض الأساسية. ما أن نعرف هذه الفروض، حتى يمكننا
الاستنباط الرياضي بثقة كاملة من تذكر كل الفوانين الفيزيائية
دون حذف أو تكرار. إن هذا التكيف لتعددية الفوانين في عدد
قليل من المبادئ يريح العقل البشري كثيرا، وقد يعجز العقل
بدونها عن نحرين الثروة الجديدة التي يكتسبها يوميا

من محى أخرى، توفر النظرية، عبر تطوير التفريعات
الهائلة الخاصة بالاستدلال الاستنباطي الذي يربط المبادئ
بالفوانين الحربية، نظاما وتصنيفا لهذه الفوانين. إنها تقوم
بالربط بين بعض الفوانين بحيث نتقارب على نحو مرتب ضمن
ذات المجموعة، وهي تعزل بين قوانين أخرى بوضعها في
مجموعتين منفصلتين تماما. النظرية تطرح ما يشبه فهرس
المحتويات والفصول الرئيسة التي يتم عبرها وضع تقسيمات

مهجبة للعلم موضع الدراسة، وهي تشير إلى الفوائس التي يتعين ترتيبها تحت كل فصل

2. الرياضيات في النظرية الفيزيائية

الاستنباط الرياضي عملية وسيطة، فغايتها تكمن في تعليمنا أنه بناء على دعم الفروض الأساسية للنظرية، فإن حدوث ظروف بعينها يستلزم حدوث نتائج محددة. إذا وقعت الحادثة كذا، سوف تحدث واقعة أخرى. فمثلاً، سوف تحبرنا أنه وفق الدعم المتوفر لفروض الديناميكا الحرارية، حين نعرض قطعة من الثلج لضغط معين، سوف تذوب حين يصل مؤشر الترمومتر إلى درجة بعينها.

ولكن هل يطرح الاستنباط الرياضي بشكل مباشر ضمن حساباته الوقائع التي نسميها ظروفًا بالشكل العيني الذي تحدث وفه؟ وهل تستق منها الحقائق التي نسميها نتائج بالشكل العيني الذي نقره؟ بالتوكيد لا. الأداة المستخدمة في الضغط على قطعة الثلج، وجهاز الترمومتر أشياء يستخدمها عالم الفيزياء في المعمل، وليست عناصر تنتمي إلى ميدان الحساب الجبري. لهذا

السبب، فإن تمكين الرياضي من أن يصمّم في صياغته ظروف التجربة العيبية، يتطلب ترجمة هذه الظروف إلى أرقام عبر وساطة الفياسات. فمثلا، يتعين أن نستعيض عن عبارة "ضغط معين" برقم محدد للضغط الجوي يحل بدلا من الحرف P في المعادلة. وعلى نحو مماثل، ما يحصل عليه الرياضي في حتام حساباته عبارة عن رقم محدد. سوف يكون من الضروري أن نشير إلى نهج القياس كي نجعل هذا الرقم يباظر حقيفة عينية يمكن ملاحظتها؛ على سبيل المثال، لجعل القيمة العددية الخاصة بالحرف T في المعادلة الجبرية تناظر قراءة حرارية بعينها.

يتضح إذن أن لا سبيل يتسنى به لتطور النظرية الفيزيائية الرياضي، في نقطة بدئه ومنه، أن يلتحم بالحقائق الملاحظة إلا عبر الترجمة. تضمين ظروف التحرة في الحساب يستوجب قيامنا بإعداد صياغة تستعيض عن لغة الملاحظة العينية بلغة الأرقام. أيضا، فإن التحقق من النتيجة النسي تتنبأ بها النظرية نسبة إلى التجربة، يتطلب ترجمة تحول القيمة العددية إلى قراءة تصاغ بلغة تجريبية. وكما سبق أن أشرنا، يعد نهج القياس المعجم الذي يمكن من هاتين الترجمتين.

غير أن النرجمه نوع من الغدر؛ فالترجمة حيانة. ليس هناك إطلاقاً تكافؤ تام بين أي نصين إذا كان الواحد منهما ترجمة للآخر. تمة نباين هائل بين الحقائق العينية، كما بلحظها عالم الفيزياء، والرموز العددية التي تمثل عبرها تلك الحقائق في حسابات النظرية

دعونا نعتبر بداية ما سوف نسميه بالحقبة النظرية، تلك الفئة من المعطيات الرياضية التي يستعاض بها عن حقيقة عينية في استدلالات المنظر وحساباته. مثال ذلك، كون الحرارة موزعه بطريفة ما في جسم معطى بعينه.

لا شيء غامض أو غير محدد في مثل هذه الحقيقة النظرية. كل شيء محدد بطريفة دقيقة: الجسم موضع الدراسة محدد هندسياً، حوانبه خطوط بالمعنى الذي تفره التعاريف الهندسية، إذ لا سمك لها، كما أن نقاطها لا أبعاد لها، والأطوال والزوايا الني تحدد الشكل معروفة تماماً. لكل نقطة في هذا الجسم درجة حرارة مناطرة، وهذه الدرجة، نسبة إلى كل نقطة، رقم يتعين تمييزه عن أي رقم آخر.

فبالإضافة إلى هذه الحفيفة النظرية، دعونا نضع الحفيفة العملية التي تترجم عبرها. هنا لم يعد نلحظ أي قدر من الدقة التي نحققها منها لنونا. لم يعد الجسم شكلا هندسيا، بل قطعة مادية. مهما بلغت حدة حواشيه، لا واحد منها يشكل تقاطع سطحين، بل هي حواشي مدورة ونتوءات مبعثرة. نفاطها أصبحت بالية وكليلة بدرجة أو أخرى. لم يعد الترمومتر يعطينا درجة حرارة كل نقطة بل متوسط الحرارة نسبه إلى حجم بعينه لا سبيل لنسب مداه على نحو الضغط. فضلا عن ذلك، فإننا لا نستطيع إقرار أن الحرارة تبلغ قيمة بعينها تستتعي سائر القيم. ليس بمقدورنا مثلا إقرار أن الحرارة تساوي 10 درجات مئوية، فبل ما نستطيع إقراره هو أن الفرق بين حرارة الجسم و 10 درجات مئوية لا يتجاوز كسرا بعينه من الدرجة ينوقف قدره على دقة منهجنا في القياس.

هكذا نجد أنه بينما يتم تثبيت جوانب الشكل بخط ذي صلابة دقيقة، تكون جوانب الجسم غامضة، مهدبة، ومبهمة. يستحيل وصف الحقيقة العملية دون القيام بإضعاف ما تم تحديده من قبل كل قضية، وذلك عبر استخدام عبارات من قبيل "

تقريباً". في المقابل، يتم تحديد كل العناصر التي تشكل الحقيقة النظرية بدقة محكمة.

من هذا نصل إلى النتيجة التالية: يمكن ترجمة ذات الحقيقة العملية إلى عدد لا متناه من الحقائق النظرية.

مثال ذلك الحكم بأن حرارة الحسم هي 10 درجات مئوية، أو 9.99 أو 10.01 درجة، إما يعني صياغة ثلاث حقائق نظرية غير متسقة. غير أن هذه الحقائق المتضاربة تناظر ذات الحقيقة العملية حين يكون مدى دقة الترمومتر المستخدم خمس درجة.

لذا فإن الحقيقة النظرية لا تترجم بحقيقة نظرية واحدة، بل بمجموعة تشتمل على عدد لا متناه من الحقائق العملية. كل عنصر من العناصر الرياضية التي يتم الربط بينها لتشكيل إحدى تلك الحقائق قد يختلف من حقيقة إلى أخرى؛ غير أن الاختلاف الذي تكون عرصه له لا يتجاوز حداً بعينه، عيت هامش الخطأ الذي يفشل ضمه قياس ذلك العنصر. كلما كانت مناهجها الفياسية أكثر كمالاً، كانت المفارقة أفضل والحدود أضيق، وإن كانت لا تضيق إلى الحد الذي يجعلها تختفي

3. النظرية الفيزيائية والتجربة

ليس الفانون الفيزيائي سوى تلخيص لعدد لا متناه من الجارب التي تم إجراؤها أو سوف يكون بالمقدور أن يتم إجراؤها. هذا الحكم يجعلنا نطرح التساؤل: ما الذي تكوبه التجربة الفيزيائية على وجه الضبط؟

لا ريب أن هذا السؤال سوف يثير دهشة أكثر من فارئ. هل ثمة حاجة لإثارته؛ أليست الإحابة عنه بينة بذاتها؟ ما الذي يمكن للتعبير "القيام بتجربة في علم الفيزياء" أن يعنيه لأي شخص خلافا لإنتاج ظاهرة فيزيائية نحت ظروف بعينها بحبب يتسنى ملاحظتها بدقة باستخدام أجهزة مناسبة؟

اذهب إلى المعمل واقترب من هذه المنضدة المكتظة بالأجهزة: نضيدة كهربائية، سلك نحاسي ملفوف بالحرب، أنابيب مليئة بالزئبق، ملفات، قضيب حديدي يحمل مرآة. يُدخل الملاحظ ساق قضيب معدني مغطى بالمطاط في نقوب صغيرة، فيتذبذب القضيب الحديدي ويرسل عبر المرآة شعاعاً يسلط على مسطرة سيلولوز، فيتابع الملاحظ حركة الضوء الساقط. لا شك أن لدينا هنا تجربة، فبتذبذب بقعة الضوء يلحظ العالم الفيزيائي

تذبذب الفضيبي الحديدي. أسأله عما يفهم به، فلن يخبرك بأنه يدرس تدبب قضب الحديد الذي يحمل المرأة، بل سوف يقول إنه يعيس درجة مقاومة الملف الكهربائية. إذا سألته عن معنى ما يقول وعن علاقته بالطاهرة التي أدركتها معاً في نفس الوقت، سوف يحرك بأن سؤالك يستدعي تفسيرات مطولة وقد ينصحك بدراسة إحدى مواد علم الكهرباء.

صحيح أن التجربة التي شاهدها لتوك، كأى تجربة فيزيائية أخرى، تتكون من جزأين. إنها تتكون من ملاحظة حقائق معينة، وللقيام بهذه الملاحظة يكفي أن تكون يفتا ومنبتها إلى حد كاف بإحساساتك. لا حاجة لك بالدراسة بالفيزياء، وقد يكون مدير المعمل أقل مهارة في هذا الخصوص من مساعده. من جهة أخرى، فإنها تتكون من تأويل الحقائق الملاحظة. فلاقترار على إنجاز هذه المهمة لا يكفي أن تكون منتها وأن تكون لديك عين مدربة، بل يوجب أن تكون على دراية بالنظريات التي تم التسليم بها وبكيفية تطبيقها. باحتصار يتعين أن تكون فيزيائياً. بمقدور المرء، طالما كان نظره سليماً، أن يتتبع حركة بفعلة الضوء على المسطرة الشفافة، ويعرف ما إذا

كانت تتجه صوب اليمين أو الشمال أو تتوقف في موضع بعينه. الفيام بذلك لا يتطلب خبراء. غير أنه إذا لم يكن على دراية بالديناميكا الحرارية، لن يكون بمقدوره إتمام التجربة، ولن يتمكن من قياس مقاومة الملف

التحربة الفيزيائية هي الملاحظة الدقيقة لظواهر مصحوبة بتأويل لهذه الظواهر. إن هذا التأويل يستعيز عن المعطيات المادية التي تم بالفعل تجميعها عبر الملاحظة بتمثيلات مجردة ورمزية تناظرها بالركون إلى النظريات التي يقبلها الملاحظ

يقرر عالم الفيزياء البرهنة على عدم دقة قضية ما؛ ولكي يستتبط من هذه القضية تنبؤا ظاهرة ويقوم بإجراء التجربة التي تبين ما إذا كانت تلك الظاهرة سوف تحدث، ولكي يؤول نتائج هذه التحربة ويتأكد من أن الظاهرة المتنبأ بها لم تحدث، فإنه لا يقصر نفسه على استخدام القضية المعنية. سوف يفوم أيضا باستخدام مجموعة من النظريات بوصفها مسلمات. التنبؤ بالظاهرة، التي يفترض أن يؤدي غيابها إلى حسم الجدل، لا يتم استنفاقه من القضية موضع الارنياب بذاتها، بل يشتق من

منها موصولة بتلك المجموعة من النظريات. إذا غابت الظاهرة المتنبأ بها، فإن الحل لا يطل القضية المعية فحسب، بل يطل الصرح النظري برمته. الشيء الوحيد الذي نتعلمه من التجربة هو وجود خطأ واحد على الأقل ضمن القضايا المستخدمة للتنبؤ بالظاهرة ولمعرفة ما إذا كانت سوف تقع. غير أنها لا تخبرنا عن موضع هذا الخطأ. قد يفر الفيزيائي أن الخطأ يتعين في ذات القضية التي يربع في دحضها، ولكن هل هو متأكد من أنه لا يتعين في قضية أخرى؟ إذا كان متأكدا، فإنه يسلم صمنا بدقة سائر القضايا التي يركن إليها، وفدر سلامة نتيجته إنما يشكل ذات قدر سلامة ثقته

نعلم أن نيوتن قال بنظرية الابتعات نسبة إلى الظواهر البصرية، التي تفترض أن الضوء مشكل من مفذوفات غاية في الدقة تطلقها الشمس وسائر مصادر الضوء بسرعة هائلة، وهي مفذوفات تنفذ عبر كل الأجسام الشفافة. بسبب مختلف أجزاء الوسط الذي تنفذ عبره، تتعرض لعمليات التحاد والتنافر. حين تكون المسافة الفاصلة بين الجزيئات المتحركة صغيرة جدا، تشتد قوة تلك العمليات، وهي تختفي تماما حين تكون المسافة

الفاصلة كبيرة إلى حد كاف. هذه الفروض التي يتم ربطها بعدة فروض أخرى، والتي لا نألو جهدا في إغفالها، تفصلي إلى صياغة نظرية متكاملة في انعكاس الضوء وانكساره. وعلى وجه الخصوص، فإنها تستلزم الفضية التالية: معامل انكسار الضوء المار من وسط إلى آخر يساوي سرعه الممدوف الضوئي ضمن الوسط الذي يمر فيه مقسوما على سرعة ذات الممدوف في الوسط الذي يتركه خلفه.

هذه هي الفضية التي اختارها أراجو لإثبات نضارب نظرية الابتعاث مع الحقائق. من تلك القضية تلزم أخرى نقر أن سرعة نفاذ الضوء في الماء أكبر من سرعة نفاذه في الهواء. اقترح أراجو إجراء ماسبا لحساب سرعة الضوء في هذين الوسطين. صحيح أن هذا الإجراء لم يكن قابلا للتطبيق، غير أن فوكو قام بتعديل التجربة بحيث يتسنى تنفيذها، وقد اكتشف بإجرائها أن الضوء ينتشر في الماء بسرعة أقل منه في الهواء. وفق هذا، لنا أن بخلص مع فوكو إلى أن نسق الابتعاث لا يتسق مع الحقائق.

لاحظ أنني أتحدث عن نسق الابتعاث لا فرضه. الواقع أن ما تفر التجربة خطأه عبارة عن مجموعه فروض فلها نيوتن، ومن بعده لابلاس وبايت، أي نظرية بأسرها تستنبط منها علاقه معامل الانكسار وسرعة الضوء في مخلف الأوساط. بيد أن سجب التجربة للنسق بأسره عبر إفراز تضمنه لخلل ما لا يعني نجاحها في تبيان موضعه. أراه يتعين في الفرض الأساسي الذي يفر أن الضوء يتكون من مفذوفات تطلق بسرعة هائلة من أجسام مضيئة؟ أم تراه فرضاً آخر يتعلق بما يطرأ على جسيمات الضوء بسبب الوسط الذي تتحرك فيه؟ إننا لا نعلم شيئاً عن هذا. لقد تعجل أراجو حين حسب أن تحرية فوكو تدبّن مره وإلى الأبد فرص الابتعاث، أي فرص تمثل شعاع الضوء من قبل حشد من المفذوفات. لو فام علماء الفيزياء بعزو قيمة لهذه المهمة، لنجحوا بالوكيد في العثور وفق هذا الفرض على نسق في البصريّات يتسق مع تجربة فوكو.

خلاصة القول هي أن الفيزيائي لا يستطيع عزل فرض بغية اختباره تجريبياً، ومبلغ ما يتسنى له إيجازه هو اخنبار مجموعة من الفروض. حين تنعارض التجربة مع تنبؤاته، فإن

ما يتعلمه هو وجود فرض واحد على الأقل ضمن تلك المجموعة يعد باطلا ويتعين تعديله. غير أن التجربة لا تحدد أيًا من عناصر تلك المجموعة يتوجب تعديله.

لقد بعدنا كثيرا عن فكرة النهج التجريبي العشوائي الذي يتبناه أشخاص لا يألون وظائفه الحقيقية. يعتقد الناس بوجه عام في إمكان عزل كل فرض يستخدم في الفيزياء وفحصه عن طريق التجربة، وحين تنجح اختبارات متعددة ومتنوعة في إثبات سلامته، يتوأم منزلة محددة في النسق الفيزيائي. غير أن الواقع يخالف هذا المعتقد تماما. ليست الفيزياء آلة بالمفذور تفكيك أجزائها. إننا لا نستطيع أن نقوم بفحص كل جزء على حدة، بغية تعديله، وأن ننتظر إلى أن يتم فحص سلامته. العلم الفيزيائي نسق يتعين اعتباره بشكل كلي، فهو كائن عصوي لا سبيل لقيام أي جزء من أعضائه بوظيفته ما لم نقم أجزاؤه الأكبر نأيا بدورها، بعض منها بدور أهم من سواها، وإن نعين على جميعها أن تسهم بدرجة أو أخرى. إذا حدث خلل ما، إذا أحسنا ببعض الإرباك في أداء هذا الكائن العضوي لوظائفه، سوف يتوجب على الفيزيائي أن يقتفي أثره في النسق بأسره كي

يصلح من شأن الجزء الذي أصابه العطب دون أن يفكر في إمكان عزل هذا الجزء وفحص مكوناته.

إن تجربة فوكو لا تحكم على نحو فعال بين فرضين، فرض الالبتعات وفرض الموجة، بل بين فئتين من النظريات يتعين اعتبار كل منهما بشكل كلي، أي بين نسعين متكاملين، بصريات نيوتن وبصريات هايجينز.

ولكن دعونا نسلم للحظة بأن كل شيء في كل من هذين النسعين ملزم ضرورة على نحو منطقي صرف، باستثناء فرص واحد. وفق هذا، دعونا نسلم بأن الحقائق، بشجبها أحد النسعين، إنما تتسبب مرة وإلى الأبد الافتراض المشكوك في أمره والمتضمن في ذلك النسق. هل يلزم عن هذا أننا نستطيع أن نكتشف في "التجربة الحاسمة" إجراء لا سبيل لدحضه يجعل من أحد الفرضين حقيقة مثتة؟ الوسط بين مبرهنتين هندسيتين متناقضتين مرفوع، فإحداهما باطلة والأخرى صحيحة ضرورة. هل بمقدور أي فرضين في الفيزياء أن يشكل مثل هذه المعضلة؟ هل نجرؤ على إقرار استحالة تصور فرض آخر؟ قد يكون الضوء حسدا من المفذوفات، وقد يكون حركة متذبذبة

تنتشر موجاتها في الوسط. هل يسنحيل أن يكون شيئاً آخر؟ لا ريب أن هذا ما اعتقده أراجو حين قام بتشكيل هذا البديل الحاسم: هل تفوق سرعة الضوء في الماء سرعته في الهواء؟ "الضوء جسم. خلافاً لذلك، فهو موجة". غير أنه يصعب علينا اتخاذ مثل هذا الموقف الحاسم. الواقع أن ماكسويل قد بين أننا نستطيع أن نعزو الضوء إلى تشويش كهربى دورى ينتشر ضمن وسط عارل.

خلفا لبرهان الخلف المستخدم في الهندسة، يعجز المناقض التجريبي عن جعل الفرض الفيزيائي حقيقة غير قابلة للجدل. احتيابه على هذه القدرة رهن بالقيام بتعداد شامل لمختلف الفروض الخاصة بمجموعة محددة من الظواهر. غير أن عالم الفيزياء يحقق دوماً في التأكد من أنه استنفد كل الافتراضات الممكنة تصورها. إن صدق النظرية الفيزيائية لا يحسم برمي عملة في الهواء.

التضارب بين الحقائق الفعلية التي تشكل تجربة ما والتمثيل الرمزي الذي تستعويض به النظرية عن هذه التجربة إنما يتت وجوب نبذ بعض من هذه الرموز. ولكن أي بعض منها؟ هذا ما

خفق التجربة في حسم أمره. إنها نحيل إلى حكمتنا عبء التخمين. ضمن العناصر النظرية المتضمنة في تشكيل هذا الرمر تمة باسنمرار عدد معين يسلم به فبزيائيو أية حفة دون اخبار وبعنروبه خارج نطاق الجدل. لذا، فإن الفيزيائي الذي يرغب في تعديل رمزه سوف يفوم بالنوكيد جعل تعديله يرتهن بعناصر معايرة لتلك التي سلف ذكرها.

بيد أن ما يضطره للسلوك على هذا النحو لا بنعين في ضرورة مطفية. سوف يكون من الغريب والمربك أن يفوم بحلاف ذلك، لكة لن يكون تناقضا مطفيا. لن يكون بذلك مفتفيا أثر عالم الرياضيات المجنون إلى الحد الذي يجعله يياقض تعريفانه. الأكثر من ذلك، قد يحدث يوما أنه بالسلوك على نحو مخالف، برفض البحث عن أسباب الخل والجوء إلى إصلاحه كي يعيد تكريس الاتفاق بين الصياغة النظرية والواقع، وبالفياق بتعديل قضايا أجمع الآخرون على التسليم بها، قد يتسنى له إنجاز عمل عنفري يفتح أفاق نظرية جديدة.

الواقع أنه يتوجب علينا تحصين أنفسنا ضد التسليم الأبدي بعروض أصبحت أعرافا متفسية، وبدا أن يفيببتها تخترق

المنافض التحريبي، عذر عزو هذا التناقض إلى افتراضات أقل يقينية. إن تاريخ الفيزياء يبين أن العقل البشري غالبا ما ينتهي إلى الإطاحة بمثل هذه المبادئ، رغم أنها اعتبرت لقرون بدهيات لا سبيل لحرقها، بحيث يعيد تشكيل نظريات فيزيائية وفق فروص جديدة.

دور النماذج في النظرية العلمية⁴²

⁴² From Mary B. Hesse, *Forces and Fields* (Edinburgh and London Thomas Nelson & Sons Ltd, pp 21-28 Used by permission of Nelson, and Philosophical Library, N Y

ماري هس

حصلت ماري هس على درجة الدكتوراه من جامعة لندن، وهي الآن محاضرة في فلسفة العلم في جامعة كيمبردج. لماري هس كتابان، فضلا عن العديد من الأبحاث، "القوى والمحالات"، الذي سابع تاريخ إسكالة الناسر عن بعد في علم الفرياء، و"النماذج والبطائر في العلم".

Forces and Fields, Models and Analogies in Science

لأن النموذج يشتق عبر عملية مألوفة نفهمها جيدا، كما في حال الميكانيكا الحزئية، فإنه يوفر سياق التوقعات الطبيعي التي تحتر عبرها النظرية. إذا اعتبرنا الآن بعض النماذج الميكانيكة في فيزياء القرن التاسع عشر، لا باعتبارها أوصافا حرفية للطبيعة كما يقر أسياح النزعة الطبيعية الساذحة، بل باعتبارها أدوات ضرورية لجعل النظرية قابلة للفهم والاختبار، سوف يكون بالمقدور وصف وظيفتها المنطفية بطريقة أكثر وضوحا. سوف نجد أن هذا التصور يلقي الضوء على المشاكل الأعد المرتبطة باستخدام النماذج في الفرياء الحديثة.

نتعير الخاصة الأكثر وضوحا في النموذج الملائم في كونه يعرض مناطرة مع الظواهر موضع التفسير، مفادها فيام

نماثل في البنية بين النموذج وتلك الظواهر. قد نقول بمعنى مباشر أن هناك مناظرة بين فرعين من فروع الفيزياء إذا استتيبت ذات البنية الرياضية في كليهما، كأن نجد أنه بالإمكان صياغة نظريات الحرارة والاستاتيكا الكهربائية باستخدام دات المعادلات طالما استعصنا مثلاً عن "الحرارة" بـ "الحهد"، وعن "مصدر الحرارة" بـ "سحنة كهربية موجبة". حين تكون هناك مناظرة من هذا القبيل، يمكن استخدام إحدى النظريتين بوصفها نموذجاً للآخرى، كما فعل كيفلن حين استخدم فكرة انسياب الحرارة، التي سبق تكريس نظريتها، نموذجاً لنظرية المجال في الاستاتيكا الكهربائية التي كان يفوم بتطويرها للمرة الأولى. بمعنى مجازي، يمكن استخدام لفظة "مناظرة" لوصف العلاقة بين النموذج نفسه، جسيمات تشبه كرات البليارد مثلاً، والكينوبات التي يصادر عليها لتفسير الظواهر، جزيئات الغاز مثلاً. الإقرار بوجود مناظرة يعني هنا الحكم بوجود تماثل بين مختلف القياسات التجريبية وبعض الأعداد المشتقة من نظرية النموذج. فمثلاً، إذا أجريت الحسابات المناسبة، المؤسسة على نظرية الميكانيكا، على الطاقة الخاصة بكرات بليارد متصادمة،

سوف نحصل على سلسلة من القيم العددية تشكل ذات السلسلة
الني يقرأها الترمومتر الحراري الموضوع في وعاء يحوي
على غار.

السبب الذي يحول دون جعل نموذج من القبيل المطبق
في النظرية الديناميكية للغارات مجرد طريقه يمكن الاستغناء
عنها في تصوير المعادلات المناسبة، هو أنه بالمقدور نعيم
النموذج وتوسيع نطاقه، فضلا عن اختباره، وإذا لزم الأمر
تعديله، في حين أن النسق الاستنباطي الصوري لا يفبل ذلك.
يمكن اختبار النموذج، لأنه نسق من الكينونات والعمليات نسق
لنا الدراية بسلوكها بمعرل عن الحقائق التجريبية الجديدة التي
يوظف في تفسيرها. سلوك مجموعة الجسيمات المتحركة بشكل
عشوائي في وعاء معلق يوصف في النظرية الديناميكية بشكل
مستقل عن النتائج التجريبية المتعلقة بالغاز التي يفارن بها، ما
يعني أنه بالإمكان استخدام المزيد من تفريعات نظرية
الجسيمات المتصادمة لتوسيع نطاق نظرية الغازات واختبارها.
بمكس طرح المزيد من الأسئلة، من قبيل "هل تشبه جريئات
الغاز الكرات الصلبة أو المربة؟"، و"ما قطرها؟"، كما يتم اختبار

النظرية عبر استحداث تجارب للإجابة عن أسئلة تشبه الأسئلة التي ينبرها النموذج.

وبطبيعة الحال، فإن قيام النموذج بمثل هذه المهام لا يرتهن بكونه ميكانيكيا. لقد تم بوجه عام تفضيل النماذج الميكانيكية في القرن التاسع عشر، ولكن حتى في الفيزياء الكلاسيكية استخدم نموذج الجسيمات المتجاذبة في الكهربية والمغناطيسية، كما استعملت نماذج كهربية في نظرية الاتحاد الكيميائي، ونموذج انسياب الحرارة في نظرية المجال المطلوب ليس كون النموذج ميكانيكيا، بل أن تكون لدينا دراية مسبقة بخصائصه وأن يتم وصفه عبر نظرية، يفضل أن تكون رياضية، وأن يكون ذا "تسيج مفتوح" بحيث يسمح بالتعديل والبسط وفق ما يستدعي تفسير الظواهر والتنبؤ بجديدها.

تتعين الصعوبة، التي يبدو أن الصور الفائل بضرورة النماذج ينبرها نسبة إلى الفيزياء الحديثة، في أنه ليس هناك أي نموذج من النمط الفليدي، يستخدم حسيمات أو موجات مشحونة، يلائم تفسير ظواهر المجال الذري. أحيانا يقال إنه يتوجب علينا ألا نبحث عن نماذج يمكن تصورها، وأن نرضى

بالفروض الرياضية الصورية التي لا تنار عبرها مفارقات نماذج الحسيم والموحة. في هذا الخصوص نلحظ أمرين بتسيران إلى أن اشتقاق مثل تلك النتيجة سلوك مضلل. أولاً، يواصل علماء الفيرياء بالفعل استخدام النماذج الجسيمية والموجية، كل في مواقف تناسبها، وهم يفومون بذلك لا تعاطفاً مع قراء العلم الشائع، ولا لأنه يعين على تدريس الطلاب، بل لكونه يشكل جزءاً مهماً من البحث في تلك المجالات، وهذا أمر تكفي نظرة سريعة إلى أبحاث أصيلة لتبينه وتؤكد البراهين سالفه الذكر. صحيح أنه في مستوى أعمق من البحث النظري، حيث يتعين أن نأخذ في الاعتبار كل من السلوكيات الجسيمية والموجية، يكون بالمفدور إسقاط نماذج النمط الكلاسيكي، تطوير النظرية عبر حدود يستبان أنها رياضية صورية. ولكن هل يؤثر هذا في إصرارنا على عدم كفاية الأنساق الصورية غير المؤولة لطرح تفسيرات نظرية؟

بالمفدور تعادي هذه الصعوبة بملاحظة أن النظريات الرياضية ليست بالضرورة، ولعلها لا نكون أبداً، هيكلية غير مؤولة، إذا كنا نعني بذلك محرد مجموعة من العلامات المؤلف

بينها في مبادئ اعتباطية تسمح بالاتساق وفق قواعد لا تقل اعتباطية. يصعب تبين هذا بوجه عام، غير أنه قد يكون في الوسع شرحه عبر بعض الأمثلة. حين توجب التخلي عن النموذج الفيزيقي للحركة الموجية في وسط مادي، بعيت آثاره في نوع الرياضيات المستخدم، إذ ظلت لعبة رياضية مشتقة من المعادلات الموجبة الخاصة بحركة الموائع، وغيرها، ولذا فإنها تحمل نسبة للرياضي بعض التداعيات التخيلية المرتبطة بالصورة الفيزيائية الأصلية. أيضا، حين استخدمت هندسة رايمان في نظرية النسبية العامة، لم تكن هيكلية غير مؤولة، بل توسيعا طبيعيا لنطاق الهندسة ذات البعدين الخاصة بالسطح الكروي، الذي يمكن تصويره، بحيث تستمل على هندسة المكان ثلاثي الأبعاد المحي في بعد رابع، الذي لا يمكن تصويره، وإن ظلت فيها بعض تأويلات الرموز، مثل "متقاصر" و"تصف قطر النفوس"، سليمة. تماما كما أنه بالمفذور أن تتعدد مستويات تأويل مجموعة من المعادلات الديناميكية، بدءا من جمل تتحدث عن كرات صلبة متصادمة وانتهاء بجمل تتحدث عن ضغط وحجم الغار، قد تتعدد تأويلات النظرية الرياضية البحتة في

مسنويات مختلفة من التجريد، بحيث نشتمل بدرجة أو أخرى على إشارات لجمل عيبية في الهندسة الاقليدية أو الحساب. إن هذه التأويلات الخاصة بصيغ رياضية صورية توفر النسيج المفتوح الذي يمكن من احتمار النظرية، ومن تعميمها أو تعديلها، كما هو الحال تماما مع النماذج الميكانيكية والكهربية الأكثر عيبية. من المناسب إذن أن نتحدث عن "نماذج رياضية" فضلا عن أنواع المناهج الأخرى الأكثر تقليدية. قد يحسب البعض أن لفظة "نموذج" مصلفة هنا، بسبب عدم وجود شيء عيني يتم تشكيكه أو تصويره. غير أن هذه الكلمة قد أصبحت مجازة بسبب تفشي استخدامها في علوم تختلف باختلاف الكوزمولوجيا، الفيزياء الذرية، فسيولوجيا الدماغ، وعلم النفس الفرويدي. في حالة الفيزياء الأساسية على أقل تقدير، ما يسمى "نماذج" أصبحت الآن رياضية كلية أو جزئيا على الأقل، كما في الكوزمولوجيا، حيث يتضح أن "نماذج العالم" ليست نماذج بالمعنى الذي يمكن تصويره.

ولكن إلى أي حد يتعين أن نحمل هذه الأنواع المختلفة من النماذج حمل الجد ألا نكون، بتبيان أنها تعد جوهرية سبة

للنظريات، وليست حلية يمكن الاستعناء عنها، فدفعنا في مفارقات البرعة الواقعية؟ ليس بالضرورة، فنحن لا نفر وحوود مناظرة تامة بين النموذج والعالم، بل نفر فحسب وجود تماثل في حواش بعينها (يمكن أن نسميها بالمناظرة الإيجابية)، بالمفذور توسيع نطاقه إلى حد لم يتسن بحتة. قد يبدو أنه ليس هناك معنى مهم يحتاز عليه الحدث عن "النماذج" ما لم تكن هناك جوانب بخفق فيها التناظر الذي تعرضه. إننا نفكر في الذرات على اعتبار أنها "نسه" كرات البليارد، لا بوصفها كرات بليارد، لأننا نعرف أنها تختلف عن كرات البليارد في جوانب بعينها (المناظرة السلبية). إن مكس قوة الرؤية الصورية في النظريات إنما يتعين في إقرارها إمكان أن نجد من النموذج مناظرة إيجابية تمثل مدى المعرفة اليقينية بالظواهر، وأن نتخلص من المناظرة السلبية التي قد تجعل النموذج مصلا. لقد بينا أنه ليس بمفذور اختبار أو توسيع نطاق النظرية بوجه عام إذا تم ردها إلى هيكلية مجردة، ولكن ماذا عن النظرية (مثال نظرية ماكسويل) التي نم اختبار قدراتها وعرف مدى تطبيقها وحدودها؟ لقد أعلن هرتز أن نظرية

ماكسويل تشكل البنبة الصورية لمعادلات ماكسويل، ويبدو بالفعل أننا حين نعرف مدى المماثلة التي تتعلق وفقها نموذج الأثير بالطواهر، سوف نتمكن من التعبير صوريا عما هو صحيح ومفيد فيها دون أية عبارات من قبيل "كما لو أن.." تقوم بعرض الجواب غير المتعلق. من البين أن نصير النزعة الصورية محق في التالي: العاية من استخدام النموذج تتعين في جعله غير ضروري بجعل أنفسنا على ألفة بمجال الاكتشاف الجديد، بحيث نستطيع وصفه عبر لعتة نفسها، دون موارنه بنىء أكثر ألفة. قد يصبح الممار المشتق من النموذج "استعارة مية" ("حب"، أنابيب القوة)، بمعنى أنها نكتسب معنى اصطلاحيا من سياق الاكتشافات الجديدة ونفقد ارتباطاتها الأصلية. وقد يحفظ معناها ببعض الارتباطات الأصلية، لكنها تعدل بطريقة تدريجية وفق انصاح مدى المماثلة السلبية، كأن تصبح معنى "جسيم" في الفيزياء ليس "الجسم الكروي الصلب والملون الذى "بل" الحالة الفردية فى المجال الكهرومغناطيسى التى "أو" الحزمه الموجيه الي "، بحيث نشير النقاط إلى عدد غير محدد من الأشياء التى يمكن أن تقال عن هذه

الكنونات، تماما كما يمكن أن نقال أشياء لا حصر لها عن الأشياء المادية العادية بحيث لا بدري، حتى بشكل ضمني، في أية مرحلة من مراحل الفيزياء كل هذا الأشياء.

الواقع أنه ليس هناك محال بحثي يعد مقفلا بحيث يستند وصفه الصوري كل ما تود الفيرباء إفراره بخصوصه. وحتى حال معرفة البنية الصورية الخاصة بمجال محدود، تحاول الفيزياء دوما الكشف عن نظرية أكثر أساسية وعمومية تشملها. النظريات المعزولة المحجورة صم أطر صورية لم تعد متيرة علميا، بصرف النظر عن نفع تطبيقات أوصافها الصورية، وحين يتم اكتساف نظرية جديدة يتغير حتى وصف هذه النظرية من حبيب المبدأ، كما حدث مع ميكانيكا كرات البليارد الني قامت النظرية السببية بتغييرها، رغم عدم حدوث تغير صوري في تطبيقاتها العملية.

غير أن مسألة ما إذا كان المفصود من النموذج أن يكون وصفا فعليا مسألة مختلفة. إن كون النموذج لا يعرض في بهاية المطاف سوى مناظرة محدودة، وإمكان التعبير عن علاقات مخبأة بين الأشياء بحدود صوريه، أو باستخدام معدل

واصطلاحي لكلمات استعملت بداية على نحو مرتبط بالنموذج، لا يعني أن هذه العلاقات ليست واقعية. لقد نم السليم منذ عهد طويل بأن الكون دائري، رغم أن أرسطو اعتبر هذا الحكم نظرية قلعة يقترحها نموذج الشمس والقمر ونبرها براهين ظاهرانية. أيضا تم التسليم بأحكام من قبيل أن الأرض تدور حول الشمس، وبأن المركب الكيميائي يتكون من عناصر، وأن المغناطيسية كهربية في حال الحركة، وأن نمة موجات لاسلكية تنتشر في الفضاء. أن جبهة الحقائق لا تستقر على حال، وهذا على وجه الضبط هو الملمح التقدمي في العلم. غير أن هناك حالات كثيرة يوضح فيها هذا التقدم أن مختلف النماذج التي تفهم عبرها الحقائق الجديدة، وتقبل بسببها، كانت باطلة حروبا، كونها لم تكن تشبه تماما الحقائق القديمة الني قورنت بها. لو كانت باطلة فعلا، لكان من الممكن منطقيا أن تكون صادقة، ما يكفي لموضع كل نماذج هذه النظريات تحت بند الجمل الواقعية، وللتمكن من عقد تمييز دقيق بين الحمل التي كانت تشكل مقاربات أفضل أو أسوء للواقع.

يتعين على ذلك ملاحظه أنه لم يفصد من كل النماذج التي طرحت في الفيزياء أن تكون أوصافا حقيقية على هذا النحو. فالمفدور التمييز بين أربع استخدامات لا واقعية مختلفة. أولاً، النماذج المماته، التي تستخدم قصدا لتحقيق مقاصد عملية، رغم الدراية ببطلانها. إن يرتهن مدى نفع مثل هذه النماذج بفدر مناظراتها الإيجابية، ومدى إمكان إغفال مناظراتها السلبية في الظروف العملية. هكذا قد يستعمل نموذج انسياب الحرارة في سياقات تسكل مقاربة كافية للنظرية الحركية، وقد تستخدم الميكانيكا النيوتونية في سياق لا يستلزم دقة الميكانيكا النسبية. تاسيا، قد تسكل قصدا آلات مناظرة (من الحديد والنحاس، أو باستخدام رسومات) لتمثيل جوانب بعينها من العمليات الطبيعية، بحيث تعمل مثل الحواسيب حال عور الدراية النظرية الرياضية الخاصة بالظواهر المعنية أو حال صعوبتها. السلاحف الإلكترونية مثال على هذا الاستخدام للنماذج، حيث تتضح مناظرة سلبية في جوانب بيولوجية وكيميائية بعينها بين النموذج والحيوان، تقابلها مناظرة إيجابية محهولة القدر في بعض الحوانب السلوكية. الأنفاق الهوائية مثال آخر، فثمة دراية

بالنظرية الرياضية الأساسية، وإن كان يصعب اكتسابها في بعض الحالات. إن هذه المادح توظف بدبلا لطرياب رياضية استنباطية لم نتمكن بعد من معرفة تفاصيلها، ولا يقصد منها أن تكون أوصافا صحيحة بل أن تساعد على اكتشاف تلك الأوصاف. نالنا، فد تستحدث نماذج بعدية لتجسد نظرية رياضية قائمة أساسا أو لمجرد جعل النظرية أسهل على التطبيق. مثال ذلك مادح الأثير الميكانيكية السائدة في القرن التاسع عشر، التي تعين محمل تناظرها الإيجابي في المعادلات المناظرة، بحيث لم تسهم مباشرة في بسط أو اختبار النظرية، ولم يرم منها أن تكون واقعية. وأخيرا، ثمة نماذج مكملّة، من قبيل نموذجي الجسيم والموجة في فيزياء الكم اللذين يستلني الواحد منهما الآخر في حواب بعينها، ما يجعله يفصر محال نطبيق مناظرة الآخر الإيجابية، رغم أن قدراتهما الخاصة بالتناظر الإيجابي لبست مستنفدة في جوانب آخر، بحيب يتسبى توظيفهما نماذج مفيدة في ظروف خاصة.

لا ريب أنه بالإمكان تمييز أنواع أخرى من النماذج في ممارسة الفيزياء وسائر العلوم، غير أن هذا التصنيف الموجز

يكفي لافتراح تعريف لمنزلة النموذج الواقعية. يقصد من النموذج أن يكون وصفا واقعيا إذا كان يعرض تناظرا إيجابيا ولا يعرض أي تناظر سلبي في كل الجوانب التي سلف اختبارها، وإذا كان يحتاز على فائض محتوى يمكن من حيث المبدأ اختباره، بحيث تفهم هذه العبارة الأخيرة بمعنى واسع سوف نعنى به في سياق ضرب أمثلة تاريخية. النماذج التي تستوفي هذا المعيار تعد نماذج وصفية. قد يبدو أن الاستخدام المستمر لكلمة "نموذج" فيما يتعلق بهذا التعريف استخدام مفارقي، على اعتبار أن ما نحدث عنه هنا هو إمكان وصف حرفي لا مجازي، والنموذج الذي يحقق هذا المعيار لى يشترط عبارات من قبيل "كما لو أن". ولكن في ضوء التناظر الإيجابي الممكن الذي لم يتم اكتشافه بعد، يشكل الاحتفاظ بمثل تلك العبارة تذكيرا بإمكان أن يستبان بطلان النموذج. ومهما يكن من أمر، فإن استخدام كلمة "نموذج" قد يعين توكيد سماته الخاصة بالقابلية للفهم لا الخاصة بمجازيته. إنه نموذج بمعنى أنه صورة تستنسخ الظواهر بأقصى درجات الدقة، لا بمعنى أنه انطباع أو كاريكاتير يقوم عمدا بتسويه ما يصوره. ويمكن

تسمية الخاصية التي تختص بها النظريات التي نمثل نماذج بحيث تحتار على معنى وينسئ اخبارها وبوسيع نطاقها بـ"قابليتها للفهم"، وهذا شرط ضروري يتعين على النظريات استيفاءه، فضلا عن معايير التدليل والدحض الني سلف ذكرها. يتضح أيضا تعلق الفابلية للفهم بفكرة التفسير البديهية التي نرغب وففها لا في الربط بين الطواهر والقيام بالتنبؤ فحسب، بل في فهم هذا الربط، وهذه رغبة تفسر إلى حد كبير استمرارية استتاق النماذج من آليات نألفها.

في علم أية حقبة زمنية، تمة فئة مهمة على نحو خاص من النماذج أو النظريات الوصفية يمكن تسميتها بالنماذج الأساسية، كونها أكر نمولية من غيرها ويتم افتراضها من قبلها. لا يكون النموذج أساسيا إلا في علاقته بموقف تاريخي بعينه، مثال الذرات البمقراطية، الحسابات البوتونية المتجاذبة والمتنافرة، والديناميكا الكهربائية الكمية، التي تعد أساسية نسبة إلى سياقاتها التاريخية. إن هذه النماذج لا تتسق بشكل طبيعي مع الهرمية الاستنباط-فرضية التي توصف وففها النظريات بوجه عام، كونها تبدو من منظور هذه الهرمية كأنها

توظف في ذات الوقت بوصفها تعميمات تنتمي إلى مستوى متدن، وفروضا ذات مسنوى عال، وقواعد للاستدلال. اعتبر كمنال قوانين نيوتن في الحركة في الفيزياء الكلاسيكية. أنها بمعنى ما تعد تعميمات متدنية المستوى تهض على حقائق تجريبية تتعلق بأجسام متحركة. وبمعنى آخر، تعد فروضا ذات مستوى عال يتم بالركون إليها، وإلى ملاحظات وتعميمات أخرى، التنبؤ بمخلف الظواهر وتفسيرها. وبمعنى ثالث، تعد قواعد يتم وقفها الاستنباط من الفروض. غير أن مثل هذه النماذج الأساسية لا تحظى باهتمام كاف في أدبيات فلسفة العلوم إن صرب التأثير المتبادل بين الأجسام يعد إحدى الخصائص العامة التي نعرضها مثل هذه النماذج، بل إنه لا سبيل لتحديد معنى "التأثير عن بعد" أو "حفز التلامس" إلا عبر النموذج الأساسي والمفاهيم التي تتضمنها

مثال النظام الطبيعي⁴³

ستيفن تولمين

ولد ستيفن تولمين في لندن عام 1922، وكان عضوا في كلية كننج وكيمبردج، حيث درس الرياضيات والفيزياء، كما قام بأبحاث حين كان طالبا للدراسات العليا تحت إشراف لودفيج فيتغنشتاين. كان أيضا محاضرا في اكسفورد لمدة خمس سنوات، وأستاذا للفلسفة ورئيس القسم الفلسفي في جامعة لندن لفترة مماثلة. عمل أستاذا زائرا في جامعة ملبورن بأستراليا وكولومبيا وسانفرانسيسكو، وهو الآن مدير مؤسسة بيلد لتأريخ الأفكار في لندن. فضلا عن "النكهة والفهم"، ألف تولمين "مرحلة العقل في علم الأخلاق"، فلسفه العلم، و"نسيج السماوات" (بالاشتراك مع زوجته جون حودفيلد). و"معمار المادة"، كما كتب العديد من المقالات في فلسفه وتاريخ العلم.

Foresight Ana Understanding, The Place of Reason in Ethics, Philosophy of Science, The Fabric of The Heavens (with his wife, June Goodfield), and The Architecture of Matter

ما الظاهرة؟ وكيف يفر العلماء اعتبار الحدث "ظاهرة"؟

وكيف يعرفون أي نوع تتشكل؟ الرؤية التتبئية للتفسير تصرف

⁴³ From Stephen Toulmin, *Foresight and Understanding* (Bloomington Indiana Univ Press, 1961), pp 44-61 Used by Permission of Indiana Univ Press, and of Hutchinson & Co (Publishers) Ltd London

النظر عن هذه المسألة، وهذا أمر يؤسف له. ذلك أنها تقترح أنه لا فرق بين الحوادث من وجهة نظر تطبيق النظرية، تماما كما أنه لا فرق بين مختلف حالات المد والجزر وشروق الشمس والكسوف عند عالم الأرصاد الجوى. لو كان لدينا أصلا أسلوب للتنبؤ بحالات الكسوف أو المد، يتعين أن يطبق على حد سواء على كل الحوادث، ما يثير التساؤل عن مبرر أن يختلف الأمر في حال التفسير.

بيد أن هناك فرقا مهما. قد يتكهن العراف بكل حوادث نمط بعينه على النحو نفسه، لكن الظاهرة عند العالم ليست أي حدث من القبيل الذى يعنى به، بل هى، كما يفر واضعو المعاجم محقين، "حذب يعد سببه مثار سؤال"، خصوصا حين يكون "غير متوقع إلى حد كبير". فضلا عن ذلك، إذا كانت الظاهرة حدثا غير متوقع، فإن هذا يشير لا إلى أن العالم أغفله أو فشل في التنبؤ به، بل إلى كون العالم احتاز على توقعات مسبقة بعينها جعلت الحدث غير متوقع.

لا يتكون مسار الطبيعة عند العراف إلا من "شيء لعين تلو الآخر". لن يُضبط العراف متلبسا بحال العفلة، فقد اكتشف

طريقة للتكهن بالحدث التالي. لكن هذا لا يعني أنه يفهم ما يحدث. موقف العالم مختلف تماماً. إنه يبدأ بمعتقد مفاده أن الأشياء لا تحدث فحسب (ولا تحدث بشكل منتظم فحسب)، بل ثمة مجموعة مثبتة من القوانين أو الأنماط أو الآليات تفسر اتخاذ الطبيعة المسار الذي نتخذ، وأنه يتعين على فهمه لتلك القوانين أو الأنماط أو الآليات أن يرصد توقعاته. فضلاً عن ذلك، لديه بدايات فكرة عن ماهية تلك القوانين والآليات، ولذا فإنه لا يقارب الطبيعة (ويتوجب عليها ألا يقاربها) خلوا من الأحكام والمعتقدات المسبقة. عوضاً عن ذلك، فإنه يبحث عن شواهد تبيّن له كيف يتذبذب ويشكل أفكاره، بحيث تطابق الطبيعة التي يناجر بشكل أفضل.

هذا هو ما يجعل الطواهر "مهمة عنده. يحسن اللاعب من أساليبه الرياضية بطريقة أسرع بالاحتكاك مع من هم أقدر منه بدرجة واحدة. وعلى نحو مماثل، يبحث العالم عن حوادث ليست مفهومة تماماً، وإن كان بالإمكان استيعابها عبر اتخاذ خطوة ذهنية بمقدوره اتخاذها. طالما أن كل شيء يسير بحيث يتسق مع توقعاته المسبقة، فلن يجد فرصة لتحسس نظريته.

يتعيس عليه البحث عن انحرافات لم يتسن بعد تفسيرها، لكنها نعد بعابليتها لأن تفسر.

ما أن يشرع المرء في تحديد الظواهر، حتى تترى على قلمه كلمات موحية من قبيل "انحراف"، و"شذوذ" و"عوز الانظام". كل هذه تستلزم بوضوح أننا على دراية بمسار مباشر، سلس، ومنظم للحوادث يعد قابلاً للفهم، عقلانياً، وطبيعياً بطريقة معاصرة "للظاهرة". هذه على وجه الصبط هي النتيجة التي نبدي الآن استعداداً للخلاص إليها: توقعات العالم المسبقة محكومة بأفكار أو مفاهيم عقلانية تتعلق بالنظام العادي للطبيعة. الأشياء التي تحدث بطريقة تتسق مع هذه الأفكار يجدها بيّنة. سبب أو تفسير الحدث يكون موضع تساؤل (أي يصبح الحدث ظاهرة) حين يبدو أنه ينحرف عن هذا المسار المعتاد. نصيف الحدث ضمن مختلف أنواع الظواهر (كما في حالة "انكسار شاذة") يتم بمقابلته مع الحالة العادية والمفهومة. وقبل أن يكون بمقدور العالم أن يكون راضياً، يتعين عليه أن يجد سبيلاً لتطبيق أو بسط أو تحويل أفكاره المسبقة عن الطبيعة بحيث يجعل من الشذوذ حالة سوية. سوف نبحت الآن في

حالات ممثلة تستبان فيها هذه العملية الذهنية، بحيث تتضح بعض الوظائف التي تقوم بها "مثل النظام الطبيعي" في تطوير وتطبيق النظرية العلمية.

لنا في هذه المرحلة أن نعيد النظر في تاريخ العلم؛ بحبت نعنى خصوصا هذه المرة بالقرن السابع عشر. في تلك الحقبة طرأت تغيرات حاسمة على العديد من فروع العلم، اشتملت على حالتني إعادة توجيه أساسيتين، سوف تتكلمان موضع عناية هذا الفصل والفصل الذي يليه. بداية، دعونى أوضح مفاد إشارتي إلى إعادة الترتيب الداخلية ضمن علم الديناميكا، التي حلت عبرها في نهاية المطاف مفاهيم نيوتن الأساسية بديلا عن مفاهيم أرسطو. في الفصل التالي، سوف نهتم ببعض التغيرات التي لم تبدأ بجدية إلا في نهاية القرن السابع عشر، وأحدثت تعييرا لا في التنظيم الداخلي للعلم، بل في العلاقات المتبادلة بين علمين مختلفين، عنيت الفسيولوجيا ونظرية المادة.

في كل حالة، يمكن طرح تصور زمني للتجارب والمشورات والاكتشافات الامبيريقية التي قام بها العلماء. غير

أن لا سبيل لفهم التغيرات الذهنية التي طرأت على أفكارهم إلا إذا نفذنا إلى أعماق أكثر غورا وحاولنا ملاحظة الأنماط الأساسية للتوقعات المعنية في حلال الجدل. فالحوادث من القبيل الذي قبله الأسلاف بوصفه مسارا طبيعيا أضحت تعنر الآن (كما سوف نرى) حالات تذود مغلقة؛ في حين أصبحت حوادث أحر، سلف أن بدت استثنائية أو شاذة، بل حتى غير قابلة للنصور، تعامل بوصفها حالات مثالية للنظام الطبيعي. ولكن دعونا بفصل في تلك الحالات.

اعتبر أولا الثورة التي حدثت في علم الديناميكا في القرن السابع عشر. لتوضيح التغير المركزي، يتوجب أن نبدأ بالنظر في الصورة الساخرة للنظريات قبل الجاليلية في الحركة، التي يمكن أن يفتى أنرها إلى أرسطو. "كانت أفكار الناس عن الديناميكا قبل جاليليو" فيما تفنرر تلك الصورة، "تركن إلى خطأ بسيط. كان أرسطو فيلسوفا، وفي أفضل الأحوال بصيرا للمذهب الطبيعي، لكنه لم يكن عالما حقيقيا. ربما لم تعوزه المهارة في تجميع عيات ومعلومات متفرقة، لكنه لم يكن يحسن التفسير. لقد طرح روى يتضح بطلانها بخصوص طريقة تعلق حركة

الجسم بالقوى المؤثرة عليه، فلقد أقر هذا الجهول أن أثر القوة المؤثرة بشكل مستمر على أي جسم يتعين في جعله يستمر في حركته بسرعة ثابتة، في حين اكتشفنا الآن أن القوة الثابتة لا تنتج سرعة ثابتة بل تسارعا ثابتا. هكذا بالغ أخلاف أرسطو في تبجيل قدراته الذهنية، فوثقوا في كلمته عوضا عن الثقة في عيونهم؛ وحدها أعمال العبقري العنيد جاليليو، الذي رفض السماح لنفسه بأن تربكه الألفاظ، وأصر على إخضاع حتى أكثر التعاليم سلطوية ومهابة لاختبار الخبرة، التي استطاعت القضاء على هذا المسخ وجعله طي النسيان".

وفق هذه الصياغة، قد يكون هذا كاريكاتيرا لكاريكاتير أكثر من كونه كاريكاتيرا، رغم أننا غالبا ما نصادفها، جزئيا، بشكل ضمني، أو ربما في صياغة أقل سماجة. على ذلك، فإن الصورة المتضمنة في هذا التصور للميكانيكا الأرسطية ولإسهام جاليليو في فكرنا، تمثل مجموعة من الأخطاء والأساطير التاريخية تعد استثنائية حتى نسبة إلى تاريخ العلم، الموضوع الذي حاول فيه المؤسسون أشباه جورج واشنطن لفترة أطول مما يجب التمرد على أسلافهم. ما يتوجب على المرء شجبه

ليس فقط عدم أرجحية أن ينع رجل بقدرات أرسطو في مثل هذا الخطأ الفاضح البسيط، بل أكثر من ذلك الطريقة التي يحط بها ذلك الكاريكاتير من شأن حدث رائع بحيث يجعل منه حدثاً مبتذلاً.

أيس يكمن الخلل إذن؟ نلاحظ بداية أن ذلك التصور يعزو إلى أرسطو فضل محاولة القيام بشيء يبدو أنه لم يفكر فيه إطلاقاً. إنه يصوره كما لو أنه يطرح علاقة رياضية من النوع الذي نألفه في النظرية الديناميكية الحديثة. يمكن صياغة هذه العلاقة لفظاً: "القوة تختلف باختلاف ناتج ضرب الوزن في السرعة"؛ أو رمزاً: $F \propto W \times V$. غير أنه لا سبيل لقراءة هذا في أعمال أرسطو إلا عبر ارتكاب خطأ تاريخي. نادراً ما تصادف هذا النوع من المعادلات قبل القرن السادس عشر بعد الميلاد، لا لأن الرموز المستخدمة فيها لم تكن استحدثت بعد، بل لأن ذات الأفكار المتضمنة في استخدام مثل هذه المعادلات لم يتم تطويرها إلا في السنوات التي سبقت عام 1600 مباشرة.

وبالطبع، إذا قبلنا هذه المعادلة بوصفها تعبيراً عن رؤية أرسطو، وقمنا بتأويلها من منظور محدث، سوف نجد أنها

مخطئة بشكل مؤس. ذلك أنه من الطبيعي هذه الأيام أن نفوم بتأويل الرمز الخاص بالسرعة على أنه يعني "السرعة اللحظية"، وأن نفسر رمز القوة وفق معناه النيوتوني الفياسي، وهذان مفهومان لم يتم تشكبلهما بوضوح تام إلا عام 1687. مباشرة ثمة اعتراض ينار. يبدو الحد "وزن" الآن في غير موضعه إطلاقا، ويتوجب افتراضا أن يستعاض عنه بالحد "كتلة". ولكن حتى لو قمنا بذلك، لا ريب أن نسبة القوة المؤثرة على الجسم إلى كتلته لا تحدد سرعته بل تسارعه. على ذلك يجب أن نتساءل: هل ننسب هنا إلى أرسطو أحكاما قصدها؟ إذا كنا نحمله معاني لم يقل بها، فلا غرو أن نخلص إلى ارتكابه خطأ جسيما.

ولكن ما السبيل المغاير لفهم ما يريده أرسطو؟ بوجه عام، يجب طرح ما يفوم به في كتاب "الفيزياء" لا في شكل معادلات دقيقة، بل في أفضل الأحوال في شكل نسب وتناسبات تقيم علاقة مثلا بين طول الزمن الذي تستغرقه مختلف الأجسام لطى ذات المسافات حتى تؤثر عليها درجات مختلفة من الجهد. إنه يضرب مثل هذه الأمثلة كما لو أنها معنية بمهام، بحيث

يطرح أسئلته على النحو التالي: "إذا استغرقت المهمة كذا الوقت كذا، ما الوقت الذي سوف تستغرقه المهمة كذا؟". مثال ذلك، إذا استطاع رجل بنفسه حمل حسم مسافة مائة ياردة في ساعة من الزمن، ما حجم الجسم الذي يستطيع رجلان حمله ذات المسافة في ذات الزمن؟ إن أرسطو يخلص إلى أن قدر إراحة الجسم بجهد معطى، يطرد عكسيا، ضمن حدود بعينها، مع حجم الجسم، وأنه بالمقدور إزاحة الحسم في زمن مفاص مسافة تتناسب طرديا مع الجهد الذي يتم بذله.

وبطبيعة الحال، فإن هذا النوع من النسب (فيما يجوز أرسطو) لا يسري حال تحاوز حدود بعينها. قد يكون الجسم كبيرا إلى حد أنه لا سبيل لحريكه إلا عبر حشد من الناس، بحيث لا يتأثر بالجهد الذي يبذله واحد؛ أرسطو يضرب مثلا على ذلك بمجموعة من الرجال تحاول تحريك سفينة. أيضا فإنه يلحظ محفا أن الأثر الذي يحدثه المرء ببذل جهد بعينه يتوقف كلية على المقاومة التي يتعبن عليه التغلب عليها. سوف يحتاج الحشد الذي يقوم بسحب سفينة عبر طريق وعرة إلى زمن يفوق ذلك الذي يستغرقه في سحبها عبر طريق ممهدة. كتقريب

تمهيدي، كونه لا يحنار على تعريف أفضل "للمقاومة"، يقوم أرسطو بطرح التناصب التالي: المسافة التي يتم طيها في زمن بعينه تطرد عكسيا مع قوة المقاومة صد الحركة.

ثمة ثلاثة أشياء نحتاج إلى قولها بخصوص نسب أرسطو، قبل أن نفهم بفحص الاختراعات الديناميكية في القرن السابع عشر. مفاد الأول هو أن أرسطو ركز اهتمامه على حركة الأجسام قبالة مقاومة لا بأس بها، وعلى الفترة الزمنية المطلوبة لإحداث تغيير تام في الموضع. لأسباب متعددة، لم يعن إطلاقا بمسألة تعريف "السرعة" حال اعتبار فترات زمنية يقل مداها تدريجيا (أي السرعة اللحظية). أيضا فإنه لم يبد استعدادا للاهتمام بالكيفية التي تتحرك بها الأحسام حال غياب المقاومة عمليا أو نهائيا. لقد اسبب أن تردده كان مؤسفا، رغم أن مبرراته كانت معقولة وحذيرة بالتناء. لقد كان أرسطو يرفض دوما، على كونه فيلسوفا محنما عليه، وفق مذهب البعض، أن يخلق في السماوات، أن يستدرج إلى نفاش الأمثلة الحدية أو المستحيلة. إذا أغفلنا لمره السقوط الحر بوصفه حالة خاصة، فإن كل الحركات التي نلاحظها من حولنا، فيما يفر أرسطو،

محكومة وفق درجة أو أخرى من التوازن التام بين مجموعتين من القوى: القوى التي تنزع إلى الحفاظ على الحركة وتلك التي نرعى نحو مقاومتها. في الحياة الواقعية أيضا، يتخذ الجسم دوماً وقفاً بعينه لطي أية مسافة محددة. لا ريب، والحال ما وصفت، أنه اعتبر مسألة السرعة اللحظية ممعنة في التجريد؛ وكذا كان موقفه من فكرة الحركة الني لا تحول دونها أية قيود والتي رفضها بوصفها غير واقعية. أفرض أنه كان محقاً؛ فحى في فراغ المسافة الفاصلة بين النجوم، حيث بالمقدور عملياً إغفال العوائق التي تعرقل حركة الأجسام، تظل هناك بعض المفارقة الطفيفة، وإن كانت منقطعة.

الأمر الثاني مفاده أننا إذا عطينا مباشرة بأنواع الحركة التي اعتبرها أرسطو نمطية، سوف نجد أن تناسباته التفريرية تظل نحفظ بموضع محترم حتى في فيزياء القرن العشرين. إذا قمنا بتأويلها لا بوصفها رؤية منافسة لرؤية نيوتن في الطبيعة، بل باعتبارها تعميمات تتعلق بالخبرة المألوفة، سوف نكتشف صحة الكثير من أحكامه، بل إساً قد نفر أنه تحدث بطريقة أكثر حكمة مما تمكنه معارفه. ذلك أنه في حين جادل فحسب بغية

الحصول على نسب كيفية تفريبية تربط بين مجمل قياسات مكانية وزمانيه، يلحظ الفيزيائيون المعاصرون معادلة رياضية دقيقة تكاد تتاطر نسبه، رغم أنها تربط بين متغيرات لحظية من نوع لم يستخدمه إطلاقاً.

تعرف هذه المعادلة باسم "قانون ستوكس"، وهي تربط بين سرعة تحرك الحسم حين يوضع في وسط مفاومي، كالسائل، والقوة المؤثرة عليه وكثافة (لزوجة) الوسط. يقر ستوكس أن سرعة الحسم في هذه الظروف تطرد إيجابياً مع القوة المؤثرة عليه وسلبياً مع لزوجة السائل. هبنا أسفطنا كرة بليارد في سائل ذات لزوجة مختلفة (ماء، عسل، وزئبق مثلاً). في كل حالة سوف تتسارع الكرة للحظة، ثم نتحرك حركة سفلية بسرعة حدية (نهائية) محددة من قبل لزوجة السائل المعني. إذا تمت مضاعفة القوة المؤثرة، سوف تتضاعف سرعة السقوط؛ وإذا كان لأحد السوائل ضعف معامل لزوجة آخر، سوف تطوي كرة البليارد المسافة بنصف السرعة.

الأمر الثالث يولف بين الأولين، عنيت حقيقة أن أرسطو أسس تحليله على مفهوم تفسيري أو باراداييم بعينها، قام بتشكيلها

عبر اعتبار أمثلة من نمط قياسي، وكونه استخدم هذه الأمثلة موضعاً للمقارنة حين حاول فهم و تفسير أي نوع من الحركة. إذا أردت فهم حركه الجسم، يتعين وفق رؤيته أن تفكر فيها بالطريقة التي تفكر في العربة والحصان؛ يتوجب عليك البحث عن عاملين، العامل الخارجي (الحصان) الذي يجعل الجسم (العربة) يستمر في حركته، والمقاومة (وعورة الطريق واحتكاك العربة) التي تنزع نحو جعل الحركة تنوقف. يعنى تفسير الظاهرة إدراك أن الجسم يتحرك بمعدل يتناسب مع حسم بوزبه، حين يتعرض لذات التوارن بين القوة والمقاومة. الحركة المستمرة تحت تأثير هذا التوارن هو الحدث الطبيعي الذي يتعين توقعه، ولذا، فإننا بتبيان أن الحدث يعرض مثل هذا التوارن يكون قد نجحنا في تفسيره.

وكما نعرف، فإن تحليل أرسطو لا ينطبق في حالة تحرك الجسم في مواجهة مقاومة طفيفة. إذا أسعطت كرة بليارد في الهواء عوضاً عن الماء أو الدبس، سوف تتسارع لوقت طويل. في الظروف الأرضية، لن يكون بمقدورها أن تسقط إلى مسافة تكفي لبلوغها "السرعة الحدية"، التي يبدأ عندها قابون

سنوكس في السربان. العامل الأكثر أهمية في هذه الحالة سوف يكون فترة التسارع الابتدائية، وهذا أمر لم يحظ إلا بنزر يسير من اهتمام أرسطو. لو أنه أمضى وقتنا أطول في التفكير في مسألة التسارع، لربما تمكن من رؤية حاجته إلى شيء أكثر تركيباً من تناسبه السميطة.

ستراتو، أول أتباع أرسطو المهتمين بالميكانيكا، عني بهذه الظاهرة، غير أنه لأسباب كثيرة، بعضها فكري وبعضها الآخر تاريخي، لم يتسن له ولا لخلافه من الأقدمين تحقيق تقدم عظيم يتجاوز نسب أرسطو. هكذا أحيل الأمر إلى رياضيي أكسفورد في بداية القرن الرابع عشر، الذين قاموا بإضافة تعريف مناسب للتسارع إلى تفسيرات أرسطو للسرعة، بحيث مهدوا الطريق أمام ستيفن وجاليليو ونيوتن.

يكفي هذا لنفاش الخلفية. ما الذي حدث إذن في علم الديناميكا خلال القرن السابع عشر؟ لا ريب أن الكاريكاتير ذائع الصيت مخطئ في الجانب التالي: لم يحدث أن أدرك الناس فجأة خطأ رؤية أرسطو، في حين وثق أسلافهم ثقة عمياء في صحتها. أرسطو نفسه طرح نسبه على اعتبار أنها تسري

فحسب ضمن حدود بعينها، كما أن جون فيليبونز (حوالي عام 500 بعد الميلاد) أوضح تماما أنه لا سبيل لتفسير المفدوفات والأجسام الساقطة بحرية إلا عبر استحداث مفهوم لا عهد لأحد به. لقد تعينت الإشكالية في كيفية الإصلاح من شأن الخل.

نستطيع أن نرى على نحو استعادي أن الخلّي عن الباردايم التي شكلت لب تحليل أرسطو كان محتماً، وأنه كان عليها أن تخلي السبيل أمام باراداييم أخرى تؤكد أهمية التسارع. غير أن ذلك لم يكن أمراً هيباً. لقد اعتاد البشر وفق خبراتهم اليومية وبسبب "تفتهم العمياء في سلطة أرسطو" التفكير في الحركة بوصفها توازننا بين القوة والمقاومة، ولد انحدوا الخطوات المهمة مترددين، محرزين في كل مرة تقدماً طفيفاً، في مواجهة الحس المشترك الذي ورثوه عن أسلافهم. الخطوة الأكثر حاسمية اتخذها جاليليو، رغم أنه قصر عن بلوغ النتيجة التي يعزى إليه عادة فضل اكتشافها.

لقد أصر محفا على أنه لا شيء طبيعياً أو عقلياً على وجه خاص في سكون الجسم حال تلاشي القوى الخارجية. السكون يشبه الحركة المنتظمة في كون كليهما "طبيعياً" نسبة إلى

الجسم الموجود على الأرض. سوف نلاحظ هذا إذا قاربنا تدريجيا حالة انعدام المقاومة التي أنكرها أرسطو بسبب استحالتها. فكر في سفينة في بحر هادئ، وتخيل أن مقاومة الحركة تقل تدريجيا إلى أن تصل إلى حد يمكن من إغفالها بهائيا. لو حدث ذلك، فيما يقر جاليليو، لحافظت السفينة على سرعتها الأصلية دون تغيير. ولو كانت ساكنة أصلا، لظلت ساكنة إلى أن يقوم قوة خارجية بتحريكها، ولو كانت متحركة، لاستمرت في حركتها عبر ذات المسار وبنفس السرعة إلى أن يعوقها عائق. الحركة المستمرة بنفس السرعة قد لا تكون أقل طبيعية ولا قدرة على تفسير نفسها من السكون، والمقاومة الخارجية وحدها القادرة على جعل الأجسام الأرضية تتوقف عن الحركة.

بهذه الخطوة اقترب جاليليو كثيرا من رؤية نيوتن الكلاسيكية، غير أنه لم يصل إليها. صحيح أنه استبدل باراداييم جديدة بباراداييم أرسطو في الحركة الطبيعية (كون الحصان والعربة يسيران بسرعة ثابتة في مواجهة مقاومة بعينها). نسبة إلى أرسطو، تعد كل أنواع الحركة الأرضية المستمرة "ظاهرة"،

أي انحراف عن النظام المعناد، ولذا سوف يتساءل عما يحعل سفينة جاليليو المتخيلة تستمر في الحركة. في المقابل لم يطلب جاليليو سوى تفسير التغيرات التي تطرأ على حركه الأجسام. بمقدور سفينته أن تتحرك دون فوة محرقة.

قد يبدو لأول وهلة أن هذه النتيجة تشبه قانون العطالة الحديث، غير أن باراداييم جاليليو لم تكن أكثر شبها بمودجنا الأمثل من باراداييم أرسطو. ذلك أن ما اعتبره جاليليو حالة مثالية تمثل في سفينة تتحرك دون أن تضعف سرعتها عبر دائرة عظيمة، بسبب عدم وجود قوة خارجية تقلل من سرعتها أو تزيد منها. لقد ارتأى إمكان أن تكون الحركة المنتظمة طبيعية السكون. لكن هذه الحركة المنتظمة اتخذت مساراً أفقياً مغلفاً يدور حول مركز الأرض، وقد اعتبر هذه الحركة طبيعية تماماً وقادرة على تفسير نفسها. لا يبدو أنه أفكر في أن وزن السفينة يحول دون إقلاعها من الأرض في مسار يتخذ شكل المماس، وهذه صورة نجدها واضحة عند نيوتن.

الواقع أنه لو قامت سفينة جاليليو المتخيلة بالإقلاع من البحر والاختفاء في الفضاء عبر مسار خط إقليدي مستقيم، لما

كان أقل دهشة منا، بل لكان أكبر استعرابا. سوف يكون لدينا فرص ممكن يفسر هذا الحدث المدهل، عنيت توقف تأثير الجاذبية على السفينة بحيث لا تعود ملرمة بالنفاء على سطح الأرض وتتمكس من الإقلاع عبر مسار طبيعي. لم يكن هذا البديل موفرا لدى جاليليو، فوق منطوره، القوى الفعالة وحدها الفادرة على إرغام السفينة على اتخاذ مسار مستقيم، عوضا عن التطواف طوعا حول مسارها الدائري العظيم.

عند نيوتن تتغير مثل الحركة الطبيعة مرة أخرى. المثال الأساسي مثالي على نحو تام. سوف نكف عن التعامل مع حركة الجسم بوصفها قادرة على تفسير نفسها ما لم تكن تحررت من تأثير كل القوى، بما فيها ورن الجسم المعني. لقد كان بمستطاع حاليو أن يفسر مفهوم العطالة بالإشارة إلى أشياء حقيقية (سفينة تمخر عباب البحار)، أما نيوتن، فقد بدأ نظريته بطرح مثال غاية في التجريد، اعسره نموذجا مثاليا؛ جسم يتحرك بسرعة منظمة عبر خط إقليدي مستقيم، وهذا، وفق رأى أرسطو، آخر شيء يمكن أن نصادفه في العالم الواقعي. غير أن نيوتن ليس ملرما بالرغم بأن كل جسم يتحرك

حقيقة وفق قانونه الأول، فهو يقتصر على طرح معيار للجواب
الذي تستدعي فيها حركة الجسم تفسيراً، وللقوى اللازم توضيحها
إذا رغبتنا في أن يكون تفسيرنا مرضياً. لا يتحرك الجسم بسرعة
ثابتة عبر خط مستقيم إلا إذا ترك وشأنه، وليس ثمة جسم يُترك
وشأنه. هذا، عند نيوتن، محدد نموذج ديناميكي، النوع الوحيد
من الحركة القادر على تفسير نفسه، الحر من التعقيدات، والذي
لا يستدعي، إن وجد، أي تعليق.

يتضح الآن السبب الذي جعلني أبدأ بطرح قانون نيوتن
الأول (مبدأ العطالة) بوصفه أحد "مثل النظام الطبيعي"، وهو
أحد معايير العقلانية والفهم التي اعتبرها كامنة في لب أية
نظرية علمية. في أعق مسنوياتها، تضمنت التغيرات التي
طرأت على ديناميكا القرن السابع عشر، التي شرعت نتشكل
بدءاً من مطلع القرن الرابع عشر، الاستعاضة عن باراداييم
أرسطو المتسقة مع الحس المشترك بباراداييم نيوتن المثالية. من
منظور ما، يعد هذا نكوصاً، فلقد أصبح لراما مذاًك، تحقيقاً
لمفاسد نظرية، الفيام بربط حوادث يومية نألفها بأوضاع مثالية
متخيلة لا تتحقق إطلاقاً، أوضاع لا تعد حتى حركة الكواكب

سوى مفارقة لها. بيد أن هذا التعبير لم يلبث أن أتى أكله. فما أن تم فصول هذا المثال النظري الحديد، حتى تسنى لفرض الجاذب العام أن يفسر العديد من طوائف الحوادث التي لم يكن تسنى تفسير كثير منها كلية. في النظرية التي حلص إليها نيوتن، استطاع عرض نوع جديد من العلاقات والضرورات بوصفها جزءاً من نظام طبيعي يمكن فهمه.

يوضح هذا المثال كيف أن فكرة التفسير ترتبط بأنماط توقعاتنا المسبقة، التي تعكس بدورها افكارنا الخاصة بالنظام الطبيعي. خلاصة القول هي أن النظرية الديناميكية تتضمن إشارة صريحة أو مستترة إلى حالات قياسية أو "باراديم" تقوم بتحديد الطريقه التي يُتوقع بها تحرك الأجسام في المسار الطبيعي للحوادث. وبمفارقة حركة أي جسم حقيقي بهذا المثال القياسي، يستطيع الكشف عما يحتاج لأن يعد "ظاهرة"، إن كان ثمة شيء من هكذا قبيل. إذا اتضح أن الحركة موضع التفصي ظاهرة (أي "حدث" يشكل سببه موضع تساؤل)، يوجب على النظرية أن تشير إلى كيفية تفسيره (في نظرية نيوتن، هذه هي المهمة الأساسية التي يقوم بها القانون الثاني)، بتوضيح العلل

المناسبة ("القوى" النيوتونية على سبيل المثال). قد نتمكن من مواءمة الظاهرة بالنظرية، وإذا قمنا بذلك، نكون بجحنا في الحصول على "تفسير". وكل خطوة من خطوات هذا الإجراء، بدءاً من تحديد هوية "الظاهرة" التي نسدعي تفسيراً، وانتهاءً باتخاذ قرار ملائمة التفسير، محكومة بالمفاهيم الأساسية التي تشتمل عليها النظرية.

لا غرو إذن أن يشكل استبدال أحد مثل الحركة الطبيعية بآخر مثل هذا التغيير الجذري في علم الديناميكا. الواقع أن الذين يعتنقون مثلاً أو نماذج مثلى مختلفة لا يتقاسمون أية حدود نظرية يباحثون عبرها مشاكلهم بشكل مثمر، بل لا يكونون معنيين بذات المسائل. فالحوادث التي تشكل "ظواهر" عند الواحد منهم سوف تغفل من قبل المنتمي إلى باراداييم أخرى على اعتبار أنها "طبيعية تماماً". ثمة شيء مطلق بخصوص تلك المثل، شأنها في ذلك شأن "قضايا العلم الأساسية" عند ر.ج. كولنجود.

إذا كان ذلك كذلك، فكيف يمكن لنا أن نعرف أية افتراضات يتوجب علينا بنيناها؟ لا ريب أن النماذج المثلى

التفسيرية ومثل النظام الطبيعي ليست "صادقة" ولا "باطلة" بأي معنى ساذج. عوضا عن ذلك، فإنها تذهب بنا شوطا أبعد (أو أقرب)، ونعد نظريا أكثر (أو أقل) خصوصية". وفق المستوى اليومي والابتدائي للنحليل، نختار باراداييم أرسطو في الحركة المنتظمة المقاومة على مميزات حقيقة. بيد أن كمال النظرية الرياضية في الديناميكا ارتهن بمثال جديد. لم يكن من المستحسن أن يقوم المرء باعتبار الحركة المنتظمة المقاومة نموذجا أمنا، مفترضا أن يتمكن في وقت لاحق من تفسير كيف تتحرك الأجسام حال عياب المقاومة عبر إلغاء القوى المضادة. لقد أفصت هذه السبيل إلى نتيجة غير مجدية تعينت في جعل الحركة غير المقاومة غير قابلة للتصور، كون محاولة وصفها بلغة يومية يفحم المرء في تناقض . (هيك قمت بحفيظ المقاومة إلى أن تصبح صفرا. وفق النسبة الأرسطية بين القوة المحركة والمقاومة، يكون المقام صفرا، وهكذا تواجه بكل الصعوبات المعلقة "بالقسمة على الصفر"). على العكس تماما، كان السير قدما في الاتجاه المصاد محتما. يتعين على المرء أن يبدأ باعتبار الحركة غير المقاومة إطلاقا نموذجا للحركة

البسيطة على نحو تام، وألا يطرح المقاومة إلا لاحقا — بحيث يبين، عبر السماح تدريجيا للمقاومة، كيف يفضي التسارع المنتظم الناتج عن قوة مفردة إلى السرعة النهائية المنتظمة للحصان والعربة.

أحيانا يكون تغيير مُثل النظام الطبيعي مبررا، غير أنه يتعين أن يتم تسريرها إيجابيا. في الوقت الملائم، أصبحت الحركة المنتظمة المستقيمة عند أخلاف نيوتن بطبيعية السكون وقدرته على تفسير نفسه عند أرسطو. على ذلك، لم تكن أي من تينك الرؤيتين للعطالة صحيحة بداهة، بل توجب أن تُعرَف كل منهما عبر نتائجها. لسبب كهذا كانت ولايتها بوصفها المثال الأساسي في علم الديناميكا مؤقتة ومشروطة. وطالما استمررنا في العمل وفق المفاهيم الأساسية في نظرية نيوتن، يظل مبدؤه في العطالة يحتفظ بمنزلته في الفيزياء. ومع ذلك، وفق أعلى مستويات التحليل، فقد ذلك المبدأ سلطه. ونتيجة للتحويل إلى النظرية النسبية الذي حدث في القرن العشرين، تعين إعادة اعتبار مفهوم "الحركة الطبيعية" المعبر عنه في قانون نيوتن الأول. قد تكون آثار التعديلات الناتجة على أفكارنا أقل تطرفا

من تلك التي نجمت عن ثورة القرن السابع عشر، غير أن التغيير يظل على المستوى النظري عميقا.

فبل أن نتطرق إلى مثالنا الثاني، دعونا نعد إلى حالات أقل تعقيدا. مفاد المبدأ العام الذي أقره لا يسري فحسب على علوم غاية في التطور، مثل الديناميكا، فنحن نستخدم أنماطا فكرية مشابهة في شؤون الحياة اليومية السائدة. بمعنى ما، تكمن مهمة العلم في السط وتحسين أنماط التوقع التي نعرضها كل يوم. ثمة تأثير متبادل بين هذين المحالين.

هنا نظرنا إلى الشارع عبر النافذة. ثمة سيارة تسير بسرعة ثابتة في الطريق، نراها، تمر بنا فذتنا، ثم تختفي عن أنظارنا؛ قد لا ننتبه إطلاقا إليها. سيارة أخرى نعبر الطريق بشكل متقطع؛ ربما تهتز وقد تتعطل، وقد تتوقف تماما ثم يدور محركها عدة مرات؛ مباشرة سوف تأسر اهتمامنا وسوف نشرع في التساؤل عن السبب الذي يجعلها تسلك على هذا النحو؟ خطوة واحدة تكفي لنفلنا من هذا السؤال إلى حالة عالم الفلك العملي، الذي لا يجد أي غموض في حركة المشتري المستمرة حول مداره، والذي سوف يشرع في طرح أسئلته لو أفلح هذا

الكوكب فجأة صوب الفضاء عبر مسار يتخذ شكل مماس. "ما الذي جعله يسلك على هذا النحو؟"، سوف يتساءل. خطوة أخرى سوف تكفى لنفلنا إلى رؤية العالم الرياضى الذي يفر أن المشتري، لو ترك وشأنه، لن يتحرك في فلك مغلق، بل عبر حط مستقيم، ما يعني أنه حتى مساره الإهليلجى المعتاد يحتاج إلى تفسير.

ومهما يكن من أمر، رغم أن شكل النمط التفكيرى هذا يظل على حاله، فإن محتواه يتغير بشكل جذري، وعبر هذه العملية يتم دحض مذهب سائد في التفسير. غالبا ما يقال إن "التفسير" إنما يكمن في الربط بين أشياء لا نألفها (وتحتاج من ثم إلى تفسير) بأشياء نألفها (ولا تستدعي من ثم أي تفسير). هذا مذهب محق على مستوى بعينه. إذا كنت تفسر شيئا لشخص ما، ما يمكن أن يسمى بالتفسير الشخصى، من المعقول أن تبدأ بأشياء يعرفها وبفهمها، وأن تقوم بربطها بالأشياء التي يجدها غامضة. هذا هو أحد المقاصد التي توظف النماذج في العلوم الفيزيائية في تحقيقها. فالمبتدئ في دراسة علم الكهرباء قد يعيد في فهم العلاقة بين الفولت، والتيار، والمقاومة، من مقارنة

سريان الكهرباء في السلك بانسياب الماء في الأنبوب. "ألا ترى، الفولت يشبه ضغط الماء في هذه المنظومة، والمقاومة مثل الأنبوب الضيق، ونيار الماء أو الكهرباء يتوقف في كل حالة على ذينك العاملين؟"

بيد أن النظريات العلمية لا تكمن في محاجات نعد مفعنة على المستوى الشخصى، بل في تفسيرات قادرة على أن تقف على أقدامها. فى هذه التفسيرات، العلاقة بين "المألوف" و"غير المألوف" قد تصبح معكوسة. في الديناميكا النيوتونية، مثال حركة العطالة الذي تهض عليه التفسيرات النيوتونية لا يكاد يفبل الوصف بأنه مألوف (سوف يسخر أرسطو من مثل هذا الاقتراح). وإذا أصررنا على تفسير "غير المألوف" عبر "المألوف"، عوضا عن العكس، لن نتمكن من تحرير أنفسنا من ربقة الديناميكا الأرسطية. الباراداييم الأرسطية مألوفه بطريقة تعجر عنها الديناميكا النيوتونية، والبرنامج النيوتوني فى التعامل مع حركة الخيول والعربات بوصفها حركة مركبة لا سبيل لهما إلا بالبء بالكواكب والمفذوفات، ثم السماح بتعدد القوى

الدخيلة، يظل مفارقيا نسبة إلى طريقة الفهم المشترك في التفكير.

ما الدروس التي يمكن أن نعيد منها بخصوص هذا المثال الأول؟ في الحياة العادية، قد يكمن التفسير في "ربط غير المؤلف بالمؤلف"، ولكن، بتطور العلم، ينعين التفسير في "ربط الشاذ بالمقبول"، وحين يأزف الوقت الملائم، "ربط الظواهر بنماذجنا المثلى". لا مناص من هذا. أي الأشياء يعد مؤلف وأيها لا يعد كذلك، مسألة نسبية (الرجل الذي يقطن الصحراء قد يصعب عليه فهم "ضغط الماء"، وقد يكون علم الهيدروليكا أكثر إرباكا له من علم الكهرباء). من جهة أخرى، ليست هناك ضرورة في أن يكون السؤال ما إذا كان الحدث يشكل حالة شدوزية سؤالا شخصيا. بالمقدور نفاشه بطريقة عقلانية، خصوصا إذا وصلنا إلى مرحلة وصف الحدث بأنه "ظاهرة"، ما يعني أن ثمة حاجة لمواءمته مع النظرية. ذلك أن معيارا آنذاك يتوجب ألا يتعين في ما هو مؤلف بل فيما هو قابل للفهم ويعد معقولا نسبة إلى مسار الطبيعة. لقد كان المفصد من هذا الفصل هو تبيان الموضع الذي سوف نجد أنفسنا فيه حين نترع في ملاحظة هذا التمييز.

المكتب الوطني للبحث والعلوم

أشكاليات فلسفية في العلم الطبيعي